UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN VITAMIN -D_3- BEDARF DER JAPANISCHEN WACHTEL (COTURNIX COTURNIX JAPONICA)

JÖRG H. HOFMANN

1971

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546016_0059

Aus den Instituten für Tierphysiologie
und Ernährungsphysiologie
in der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Vorstände: Prof. DDr. DDr.h.c. Johannes Brüggemann
Prof. DDr. Jürgen Tiews

Untersuchungen über den Vitamin -D_3- Bedarf der japanischen Wachtel (Coturnix coturnix japonica)

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-
Universität München

von
Jörg H. Hofmann
aus Brünlos/Erzgebirge

München 1971

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät

der Universität München

Dekan:	Prof. Dr. B. Vollmerhaus
Referent:	Prof. Dr. Dr. J. Brüggemann
Korreferent:	Prof. Dr. I. Gylstorff

Tag der Promotion: 5.2.1971

UNIV. LEIDEN BIBL.

Meinen Eltern

I N H A L T S Ü B E R S I C H T

A) Einleitung 1

B) Vitamin D 3

1. Struktur und technische Darstellung 3
2. Bedarf und Wirkungsweise 6
3. Wirkungsunterschiede der D-Vitamine beim Vogel 7
4. Vitamin D und Eischale 8
5. Vitamin-D-Bedarfsnormen der Wachtel 9

C) Eigene Untersuchungen 11

1. Methodik der Calciumbestimmung 11
2. Versuch I
   a) Tiermaterial und Versuchsdurchführung 14
   b) Ergebnisse 15
3. Versuch II
   a) Tiermaterial und Versuchsdurchführung 20
   b) Ergebnisse 20
4. Versuch III
   a) Tiermaterial und Versuchsdurchführung 23
   b) Ergebnisse 24
5. Versuch IV
   a) Tiermaterial und Versuchsdurchführung 29
   b) Ergebnisse 30
6. Versuch V
   a) Tiermaterial und Versuchsdurchführung 37
   b) Ergebnisse 37
7. Versuch VI
   a) Tiermaterial und Versuchsdurchführung 42
   b) Ergebnisse 42

D) Diskussion 49

1. Wachtelaufzucht 49

2. Wachtelhennen 52
a) Depletionsperiode 52
b) Vitamin D_3-Bedarf von Wachtelhennen 54
c) Eischalencalcifizierung als Parameter für Vitamin D_3-Versorgung 55

E) Zusammenfassung 57

F) Summary 59

G) Literatur 61

H) Lebenslauf 67

E I N L E I T U N G

Die zunehmende Bedeutung der japanischen Wachtel (Coturnix coturnix japonica) als Versuchstier läßt sich deutlich aus der in den letzten Jahren ständig steigenden Anzahl von Veröffentlichungen erkennen (29). Die immer häufiger werdende Verwendung der Wachtel in Laboratorien der verschiedensten Arbeitsrichtungen (Pharmakologie, Toxikologie, Pathologie, Mikrobiologie, Immunologie, Endokrinologie, Zucht, Genetik, Embryologie und Anatomie) erklärt sich aus einer Reihe von Eigenschaften, die die japanische Wachtel als Versuchstier auszeichnen. Hier verdienen der geringe Platz- und Futterbedarf, die kurze Brutdauer, die schnelle Gewichtsentwicklung des Kükens, der frühe Eintritt der Legereife im Alter von 5 - 6 Wochen sowie die bis zum 8. Lebensmonat konstant hohe Legeleistung besonders hervorgehoben zu werden (44). Diese Überlegungen waren auch für die Einbeziehung der japanischen Wachtel als einzige Vogelart in das amerikanische Raumfahrtprogramm ausschlaggebend (46). In bestimmten Fragestellungen, bei denen beispielsweise nur geringe Substanzmengen zur Verfügung stehen, kann die Wachtel mit Erfolg das Haushuhn (Gallus domesticus) vertreten (9, 49). Die Zugehörigkeit beider Vogelarten zur Familie der PHASIANIDAE erleichtert eine wechselseitige Übertragung von Versuchsergebnissen (29, 47). Trotzdem sind exakte Nährstoffbedarfsangaben für die japanische Wachtel nur selten zu finden. In den Tabellen des NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1966) fehlen z.B. mit einer Ausnahme (Vitamin A, Wachtelaufzucht) jegliche Vitaminbedarfswerte.

Auf den sehr intensiven Calciumstoffwechsel der Wachtelhenne wurde bereits von ZUCKER et al. (1967) gesondert hingewiesen. Nach seinen Berechnungen ist die Calcium-Ausscheidung über die Eischale bei der Wachtelhenne pro g Körpergewicht etwas mehr als doppelt so hoch wie beim Haushuhn. TIEWS et al. (1969) berichteten über eine re-

lativ schnell einsetzende und deutliche Reaktion (Verminderung der Legeleistung, Auftreten schalenloser Eier) der Wachtelhenne auf eine Vitamin D_3-Unterversorgung.

Aus diesen Gründen wurde mir an den Instituten für Tierphysiologie und Ernährungsphysiologie in der Tierärztlichen Fakultät der Universität München die Aufgabe übertragen, Untersuchungen zur Ermittlung des Vitamin D_3-Bedarfs der japanischen Wachtel durchzuführen.

V I T A M I N D

Das Vorkommen eines eigenständigen antirachitischen Faktors im Lebertran, der nicht mit dem antixerophthalmisch wirksamen Vitamin A identisch ist, wurde 1922 von McCOLLUM experimentell nachgewiesen. Enge Beziehungen zwischen dem Auftreten der Rachitis (Englische Krankheit) und dem Fehlen von Sonnenlicht waren schon lange Zeit vorher bekannt. Im Jahre 1919 führte HULDSCHINSKY die UV-Bestrahlung in die Rachitistherapie ein.

WINDAUS isolierte 1931 aus ergosterinhaltigen Bestrahlungsprodukten verschiedener Hefen und des Mutterkorns (Claviceps purpurea) das Vitamin D_1, das, wie sich bei der wenig später folgenden Isolierung des Vitamin D_2 herausstellte, ein Gemisch aus diesem und seiner Vorstufe Lumisterin darstellte. Im Jahre 1936 gelang dann ebenfalls WINDAUS die Strukturaufklärung des Vitamins D_3, das er aus der Bestrahlung von 7-Dehydrocholesterin erhielt (43).

1. Struktur und technische Darstellung (8, 14, 21, 30)

Die zur Gruppe der Sterine gehörenden D-Vitamine entstehen aus den im Pflanzen- und Tierreich vorkommenden Provitaminen durch UV- oder Sonnenlichtbestrahlung. Von insgesamt 7 Vitamin D-Formen werden technisch nur die Vitamine D_2 (Ergocalciferol) und D_3 (Cholecalciferol) genutzt. Das Vitamin D_2 ($C_{28}\ H_{44}\ O$) wird durch UV-Bestrahlung des Ergosterins gewonnen, das aus besonders gezüchteten Hefen, die es zu 0,1 bis 0,7% im Mycel enthalten, extrahiert wird. Analog dazu erhält man das Vitamin D_3 ($C_{27}\ H_{44}\ O$) durch Bestrahlung von 7-Dehydrocholesterin, das in technischem Maßstab aus Cholesterin gewonnen wird, welches aus dem Rückenmark von Schlachttieren extrahiert oder auch aus dem Wollfett von Schafen dargestellt werden kann. Die Totalsynthese von Vitamin D_3

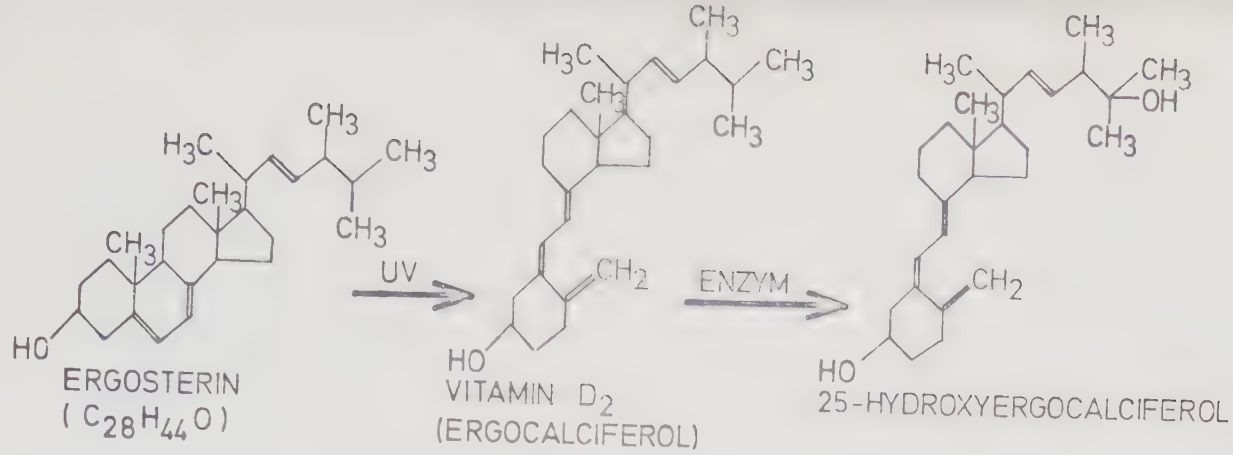
aus einfachen Bausteinen in Anlehnung an das Prinzip der Isoprensynthese ist ebenfalls gelungen. Früher gewann man Vitamin D_3 durch Molekulardestillation aus besonders Vitamin D-reichen Fischleberölen, wobei in einem zweiten Aufbereitungsschritt große Vitamin A-Mengen abgetrennt werden mußten. Die zur Vitaminierung von Futtermitteln verwendeten Vitamin D-Konzentrate sind zumeist mit Gelatine, seltener mit Äthylzellulose stabilisiert und mischfutterstabil (35).

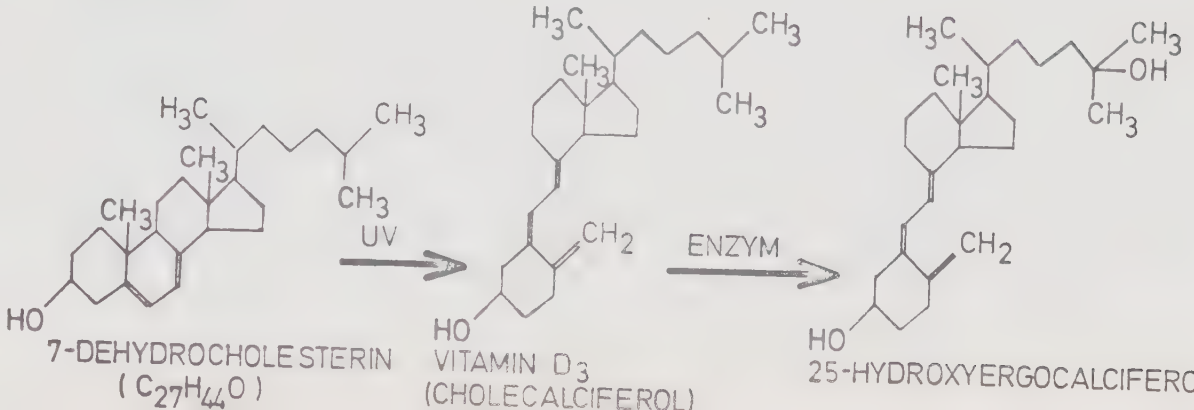
Ergosterin (C_{28} H_{44} O) gilt als Provitamin D_2; 7-Dehydrocholesterin (C_{27} H_{44} O), das auch in größerer Menge in Talgausscheidungen in oder auf der Haut von Mensch und Tier angetroffen wird und durch Sonnenlichteinstrahlung zu Vitamin D_3 aktiviert werden kann, bezeichnet man als Provitamin D_3. Als eigentliche Wirkformen für die Vitamine D_2 und D_3 gelten nach den Untersuchungen von De LUCA (1969) die in C_{25} hydroxylierten Verbindungen 25-Hydroxyergocalciferol bzw. 25-Hydroxycholecalciferol, die gegenüber den Ausgangsverbindungen Vitamin D_2 bzw. D_3 im biologischen Test an der rachitogen gefütterten Ratte eine 1,5fach höhere Vitamin D-Wirksamkeit besitzen (Vergleiche Abbildung 1).

Unabhängig hiervon ist die Internationale Einheit (I.E.) definiert als

1 I.E. Vitamin D_2 = 0,025 mcg Ergocalciferol und
1 I.E. Vitamin D_3 = 0,025 mcg Cholecalciferol.

Im prophylaktisch oder kurativ geführten Rattentest sind die Vitamine D_2 und D_3 in ihrer Wirkung mit 0,025 mcg Reinsubstanz = 1 I.E. identisch. Beim Vogel dagegen ist nur das Vitamin D_3 voll wirksam, das Vitamin D_2 erreicht bei der Anwendung gewichtsgleicher Mengen nur ca. 3-4% der Vitamin D_3-Wirksamkeit. Dies ist bei der Vitaminierung von Geflügelfutter zu beachten.


UV
ENZYM
HO
ERGOSTERIN
($C_{28}H_{44}O$)
VITAMIN D_2
(ERGOCALCIFEROL)
25-HYDROXYERGOCALCIFEROL


UV
ENZYM
HO
7-DEHYDROCHOLESTERIN
($C_{27}H_{44}O$)
VITAMIN D_3
(CHOLECALCIFEROL)
25-HYDROXYERGOCALCIFEROL

2. Bedarf und Wirkungsweise

Der Vitamin D-Bedarf liegt bei allen Tierarten vergleichbar zwischen 200 und 500 I.E./kg Futtertrockenmasse (35), wobei in der Geflügelfütterung vorwiegend Vitamin D_3 verwendet wird. Bei Sonnenlichteinstrahlung und Freilandhaltung können sich die über die Nahrung zu deckenden Bedarfsansprüche des Tieres durch Eigensynthese des Vitamin D_3 aus 7-Dehydrocholesterin in der Haut beträchtlich vermindern.

Die D-Vitamine fördern die Resorption von Calcium aus dem Darmlumen. Nach neueren Vorstellungen induzieren die Calciferole im Bürstensaum des Dünndarmepithels die Bildung eines Carrier-Proteins (42), bzw. einer ATPase (4), die den "aktiven" Calciumtransport durch die lumenseitige Epithelmembran bewirken. Jenseits des Darmes hat die Vitamin D-Zufuhr eine Heraufsetzung der Rückresorptionsrate von PO_4-Ionen in der Niere zur Folge, was die PO_4-Verluste über den Harn einschränkt und die Phosphorretention im Gewebe insgesamt verbessert. Nach Vitamin-D-Gaben steigt der anorganische Phosphatspiegel im Blut deutlich an. Mit Ausnahme der Vorgänge beim aktiven Calciumtransport durch die Darmwand ist die Wirkungsweise der D-Vitamine im Stoffwechsel auf molekularer Ebene wenig geklärt. Dies gilt besonders für die Einwirkung auf die Nierentubuli — C_{14}-markiertes Vitamin D_2 wurde vermehrt in den oberen zwei Dritteln der proximalen Nierentubuli wiedergefunden (20) — und für einen sicher vorhandenen Angriffspunkt der D-Vitamine im Knochen selbst. Rachitisches Knochengewebe, in das Serum eines rachitischen Tieres verbracht, verkalkt nicht, wohl aber kommt es zu einer Mineralisierung, wenn man es in das Serum ausreichend Vitamin D-versorgter Tiere legt (30). Interessanterweise sind im Vitamin-D-Mangel die Zitronensäurewerte im Serum und im Knochengewebe stark reduziert. Damit soll zugleich die Bildung eines Ca-Zitronensäure-Komplexes als Vorstufe der eigentlichen Ca-Phosphat-Einlagerung im Knochengewebe unterdrückt sein (41).

Hervorstechendes Merkmal des Vitamin D-Mangels ist eine Störung beim Einbau von Calcium- und Phosphatsalzen in die Knochengrundsubstanz, besonders im Bereich der Epiphysen. Der Gesamtaschegehalt des Skeletts ist herabgesetzt. Bei jugendlichen Tieren entsteht das Bild der Rachitis mit Verbiegungen der Röhrenknochen und Epiphysenauftreibungen im Bereich der Gelenke. In späteren Lebensabschnitten kann der bereits mineralisierte Knochen durch gehäuftes Osteoklastenauftreten wieder entkalken und zu Spontanfrakturen neigen. Diagnostisch wichtig ist der Abfall des anorganischen Phosphatspiegels im Blut als Frühsymptom der Rachitis. Der Calciumspiegel ist ebenfalls erniedrigt. Ein für den Knochenaufbau wichtiges Ferment, die alkalische Phosphatase, wird im Vitamin D-Mangel vermehrt angetroffen.

Bei der Heilung der Rachitis findet nicht nur eine Verkalkung, sondern ein völliger Umbau des Knochengewebes statt. Calcium, Phosphor und Vitamin D bilden hierbei eine Funktionseinheit im Stoffwechsel. So kann Rachitis z.B. bei Kälbern trotz reichlicher Vitamin D- und Calciumzufuhr aufgrund eines Phosphormangels entstehen.

Im Vergleich mit anderen Vitaminen ist die Toleranz gegenüber der Zufuhr überreichlicher Vitamin D-Mengen bei Mensch und Tier verhältnismäßig gering ausgeprägt. Eine während längerer Zeit mehrhundertfache Überschreitung des Vitamin D-Bedarfs mit der Nahrung führt zu unerwünschten Calciumablagerungen in verschiedenen Organen wie Niere, Herz, Aorta und Trachea (43).

3. Wirkungsunterschiede der D-Vitamine beim Vogel

Nach Angaben von JELINEK (1964) sind 1 I.E. Vitamin D_3 und 33 I.E. Vitamin D_2 in der Heilung der Hühnerrachitis wirkungsäquivalent. Bei De MAN (1967) betrug das entsprechende Verhältnis 1:35, während dagegen bei CHEN und BOSMAN (1964)das Wirkungsverhältnis mit 1:8 bzw. 1:11

wesentlich enger lag. Über die Ursachen der geringeren Vitamin D_2-Wirkung beim Vogel ist nichts Sicheres bekannt. Beim Säugetier wird sie in der Regel nicht beobachtet, allerdings finden sich diesbezügliche Andeutungen bei KARG (1953), der in vergleichenden Rattenversuchen ein Wirkungsverhältnis von 3:4, also eine um ca. 33% höhere Wirksamkeit des Vitamins D_3 fand. Vollständig überrascht der Befund von LEHNER et al. (1968), wonach rachitische Totenkopfäffchen auf Vitamin D_2 überhaupt nicht, wohl aber auf Vitamin D_3 ansprachen.

4. Vitamin D und Eischale

Außer für die Calciumresorption und die Mineralisierung des Skeletts ist beim Vogel Vitamin D zusätzlich für die Eischalencalcifizierung verantwortlich. Erhebliche Calciummengen werden mit der Eischale ausgeschieden. 11,6% des Gesamteigewichtes entfallen beim Huhn auf die Eischale, die zu 93,7% aus $CaCO_3$ besteht. Somit verlassen mit jedem Ei ca. 2 g Calcium den Körper der Henne. Bei der Wachtelhenne beträgt der Schalenanteil am Gesamteigewicht etwa 9% und liegt damit etwas niedriger als beim Huhn (47). Auch bei der Wachtel besteht die Eischale zu 90-94% aus $CaCO_3$, das seinerseits 40% Ca enthält. Bei einem mittleren Eigewicht von 10,5 g werden also von der Wachtelhenne pro Ei ungefähr 350 mg Ca ausgeschieden.

TURK und McGINNIS (1964) beobachteten in einer zweijährigen Untersuchung an insgesamt 300 Legehennen als typische Vitamin D-Mangelsymptome ein Absinken der Legeleistung (13,5% : 56,8% einer Kontrollgruppe mit 1188 I.E. Vitamin D_3/kg Futter), erhöhtes Vorkommen schalenloser Eier inclusive Brucheier (24% : 1,7%), vermindertes Eigewicht (51,8 : 59,1 g) sowie in 16,5% aller Eier von Vitamin-D-Mangelhennen Blutflecken im Eidotter.

5. Vitamin D-Bedarfsnormen der Wachtel

Exakte Angaben über den Vitamin-D-Bedarf für die Aufzucht und Haltung von Legewachteln sind nur spärlich vorhanden. Mit 160 I.E. Vitamin D_3/kg Futtermischung gelang es SHUE (1967), eine durch Vitamin D-Mangel bedingte Mortalität bei Wachtelküken zu verhindern. 320 I.E. Vitamin D_3/kg halbsynthetisches Aufzuchtfutter waren notwendig, um den im Vitamin D-Mangel erhöhten Blutspiegel der alkalischen Phosphatase und den erniedrigten Plasma-Ca-Wert auf Normalwerte zurückzuführen. Eine maximale Mineralisierung des Knochengewebes, gemessen am Knochenaschegehalt, gelang erst mit 480 I.E. Vitamin D_3/kg Futter.

Andere Zahlenwerte liegen den reichlich bemessenen Fütterungsempfehlungen zugrunde. So empfiehlt VOGT (1964) pro kg Aufzuchtfutter den Zusatz von 4000 I.E. Vitamin D_3, in einer späteren Veröffentlichung den Zusatz von 1000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter (40). Sowjetische Wachtelhalter bevorzugen nach SCHLEY (1968) Dosierungen von 3000 I.E. Vitamin D_3 bzw. 90.000 I.E. Vitamin D_2/kg Aufzuchtfutter. SCOTT et al. (1958) geben für Fasanenküken einen Bedarf von 1096-1496 I.E. Vitamin D_3/kg Futter an. Für die Wachtelhenne liegt ein größeres Zahlenmaterial vor. VOGT (1964) empfiehlt einen Vitamin D_3-Zusatz von 3300 I.E./kg Wachtelhennenalleinfutter, während er später (40) diesen Zusatz auf 1000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter beschränkt. KRISHNA (1967) verwendet Rationen mit einem Vitamin D_3-Gehalt von 2640 I.E./kg, bei einer gleichzeitigen Gabe von 6600 I.E. Vitamin A/kg Futter. Bei gleichbleibendem Vitamin D_3/Zusatz, aber einem auf 13.200 I.E. erhöhten Vitamin A-Angebot/kg Futter verminderten sich Legeleistung und Eischalenqualität. CHANG und McGINNIS (1967) berichteten über eine Legeleistung von ca. 90%, die sie mit der Verfütterung von 1200 I.E. Vitamin D_3/kg Alleinfutter erzielten. In Untersuchungen über den Calcium- und Phosphorbedarf der Wachtelhenne von ZUCKER

et al. (1967) und PEH (1969) wurde eine Mais-Soja-Basalration verwandt, der 1000 I.E. Vitamin D_3/kg zugesetzt waren.

Diese Zahlen liegen etwa in derselben Größenordnung wie die Vitamin D_3-Zusätze in handelsüblichen Kükenaufzucht- und Legehennenrationen.

Über Vitamin D_3-Bedarfswerte von Hühnerküken und Legehennen orientiert Tabelle 1.

Tabelle 1:
Angaben über den Vitamin D_3-Bedarf des Haushuhnes

	I.E. Vitamin D_3/kg Alleinfutter	
Literaturquelle	Küken	Legehenne
BIELY und MARCH (1967)	400	-
EWING (1963)	198	495
FANGAUF et al. (1960)	200	500
HEUSER (1955)	198	495
KIRCHGESSNER und FRIESECKE (1966)	200	500
NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1966)	198	495
TITUS (1955)	110-143	297

Der von BIELY und MARCH (1967) ermittelte Bedarfswert für die Junggeflügelmast von 400 I.E. Vitamin D_3/kg Alleinfutter liegt auf annähernd gleicher Höhe wie die von SHUE (1967) für das Wachtelküken genannten 480 I.E. Vitamin D_3/kg Alleinfutter.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Zur Ermittlung des Vitamin D_3-Bedarfs der japanischen Wachtel wurden zunächst 2 Versuche an Wachtelküken durchgeführt. Versuch I diente ausschließlich der Vitamin D_3-Bedarfsbestimmung, während in Versuch II auch die Wirkung stark überhöhter Vitamin D_3-Gaben studiert wurde. Die Versuche III - VI galten der Vitamin D_3-Bedarfsbestimmung bei Wachtelhennen. Der Versuch III diente dabei zur Untersuchung der Frage, ob und in welchem Maße eine unterschiedliche Vitamin D_3-Versorgung Ablauf und Dauer einer nachfolgenden Depletionsperiode beeinflußt. In den Versuchen IV und V sollte der Vitamin D_3-Bedarf der Wachtelhenne zur Aufrechterhaltung einer optimalen Legeleistung und Eischalenqualität ermittelt werden. In Versuch VI wurde die in den Versuchen IV und V gefundene Beziehung zwischen dem Vitamin D_3-Angebot im Futter und der Calciumausscheidung über die Eischale nochmals überprüft.

Methodik der Calciumbestimmung mit Titriplex III

Prinzip: Titriplex III ist das Dinatriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure. Auf seiner Wirkung, mit Metallionen stabile, wasserlösliche Komplexe zu bilden, beruht die Metalltitration. Die Metallindikatoren (z.B. Calconcarbonsäure in Methanol) sind ebenfalls Substanzen, die mit Metallionen Komplexe bilden, die jedoch weniger stabil sind als die Titriplexchelate.

Nach Zusatz des Metallindikators zu der zu titrierenden Lösung wird ein äquivalenter Teil der vorliegenden Calciumionen komplex gebunden. Die Lösung nimmt dadurch die weinrote Farbe des Indikator-Ca-Komplexes an. Wird nun Titriplex III zugesetzt, so werden zunächst die freien Calciumionen der Lösung als Titriplexchelate gebunden, bis zum Schluß auch dem weniger stabilen Indikator-Ca-Komplex das Calciumion entzogen wird. Dabei wird der

Indikator freigesetzt, und seine ursprüngliche tiefblaue Farbe tritt wieder auf und zeigt so den Endpunkt der Titration an.

Reagenzien:

HCl	etwa 25%ig
Triäthanolamin	(D = 1,12) zur Maskierung eventuell vorhandener Fe^{+++}- und Mn^{++}-Ionen
KCN (kristalline Substanz)	zur Maskierung eventuell vorhandener Cu^{++}-, Co^{++}- und Zn^{++}-Ionen
KOH (20%ige Lösung)	zur Einstellung des pH-Wertes
Metallindikator	(40 mg Calconcarbonsäure auf 10 ml Methanol p.a.)
Spezialindikatorpapier	Alkalit (Fa. Merck)
Titriplex III	(0,1 m Lösung)

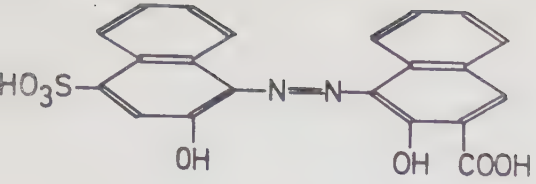
Verfahren:

Die Eier werden mit einer Schere aufgeschnitten, Eiweiß und Dotter durch Spülen mit Aqua dest. entfernt. Anschließend werden die Schalen in Bechergläsern je nach Schalenmenge in 10 - 50 ml HCl auf einem heizbaren Magnetrührer unter Hinzufügen von Aqua dest. gelöst. Nach dem Abkühlen wird in Meßkolben filtriert (günstig sind 250 ml-Kolben) und mit Aqua dest. aufgefüllt (Lösung I). Von dieser Lösung I wird ein aliquoter Teil in 200 ml-Erlenmeyerkolben pipettiert (Lösung II). Dazu gibt man eine Spatelspitze KCN und etwa 1 ml Triäthanolamin. Mit 20%iger KOH wird der pH-Wert der Lösung II auf 12 eingestellt (Prüfung des pH-Wertes mit Spezialindikatorpapier Alkalit). Dieser Lösung II werden noch etwa 20 Tropfen Metallindikatorlösung zugegeben. Mit Titriplex II wird nun bis zum Umschlag von weinrot nach tiefblau titriert.

Berechnung: 1 ml 0,1 m Titriplex III ≙ 4,008 mg Ca

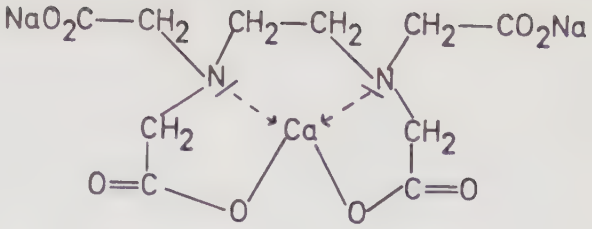
$$\text{mg Ca}_{\text{gesamt}} = \frac{\text{ml Titriplex III} \times 4{,}008 \times \text{Messkolbeninhalt in ml}}{\text{ml abpipettiert aus Lösung I}}$$

(Reaktionsablauf s. Abb. 2)



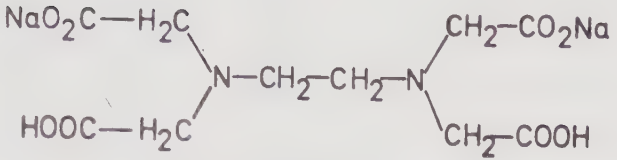
Calconcarbonsäure

MG: 438,39



EDTA - Ca - Komplex

MG: 374,28



Di - Natriumsalz der

Aethylendiamintetraessigsäure (EDTA)

MG: 336,22

Calconcarbonsäure (gelöst in Methanol: tiefblaue Farbe) + Ca^{++} ⟶ Calconcarbonsäure - Ca - Komplex (weinrot)

Calconcarbonsäure - Ca - Komplex (weinrot) + EDTA $\xrightarrow{pH > 12}$ EDTA - Ca - Komplex + Calconcarbonsäure (tiefblau)

Versuch I:

Tiermaterial und Versuchsdurchführung

476 Wachteleintagsküken beiderlei Geschlechts wurden 5 Tage mit der Basalration I (Tabelle 2) ohne Vitamin D_3-Zusatz ernährt. Anschließend wurden 5 gewichtsgleiche Gruppen mit je 8 Untergruppen zu je 10-12 Tieren gebildet. Die Basalration I wurde über eine Vormischung mit einem gelatinestabilisierten Vitamin D_3-Konzentrat * angereichert. Der Vitamin D_3-Gehalt der 5 Teilrationen wurde auf 0, 100, 200, 400 und 800 I.E./kg eingestellt. Diese Rationen wurden zufällig auf die 5 Versuchsgruppen verteilt.

Futter und Wasser standen ad libitum zur Verfügung. Die Wachtelküken wurden in 40x50 cm großen Kartons auf Drahtgittern mit einer Maschenbreite von 8 mm (nach ZUCKER et al., 1967) gehalten. Der Raum wurde über einen Ölofen beheizt. Während der ersten 12 Lebenstage betrug die Raumtemperatur 36-38°C, sie wurde dann in 3-tägigen Abständen um je 3°C gesenkt, so daß sie am Ende der dritten Lebenswoche bei 24°C lag. Die Küken erhielten 24 Stunden Dauerlicht. Auf eine konsequente Verdunkelung des Stalles mußte aus versuchstechnischen Gründen verzichtet werden.

Gewichtsentwicklung, Futterverzehr und Mortalität dienten als Auswertungskriterien des Versuches. Die Kontrollen des individuellen Körpergewichtes und des Futterverzehrs/Versuchsuntergruppe erfolgten wöchentlich. Der Versuch wurde nach 4 Wochen beendet, weil bei weiterer Fortführung die Beurteilung der Versuchskriterien durch geschlechtsbedingte Unterschiede erschwert worden wäre. Die 3- und 4-Wochen-Zunahmen wurden varianzanalytisch geprüft (28).

---

* Rovimix D_3/80 der Fa. Deutsche Hoffmann La Roche AG, Grenzach/Baden, mit 80.000 I.E. Vitamin D_3/g

Tabelle 2:

Basalration I (Vitamin D_3-arme Wachtelaufzuchtration)

Rationszusammensetzung:

Mais	34,0%
Sojaschrot (50% Rohprotein)	57,5%
Rindertalg	5,0%
Dicalciumphosphat	0,8%
Calciumcarbonat	1,3%
Kochsalz, jodiert	0,4%
Vitaminvormischung	1,0%
	100,0%

Die Vitaminvormischung (auf feinzermahlenem Sojaschrot) enthielt in 10 g (= pro kg der Basalration):

Vitamin A	5000 I.E.	Vitamin K_3	1 mg
Vitamin E	10 mg	Cholinchlorid	100 mg
Riboflavin	3 mg	Mn (über $MnSO_4 \times H_2O$)	66 mg
Vitamin B_{12}	10 mcg	Zn (über $ZnCO_3$)	57 mg
Pantothensäure	5 mg	DL - Methionin	5.800 mg
Nikotinsäure	30 mg		

	Errechnete Nährstoffgehalte:	Analytisch ermittelte Nährstoffgehalte:
Rohprotein	32,0%	29,7%
Rohfett	6,5%	-
Rohfaser	2,7%	-
Asche	6,5%	5,7%
Calcium	0,8%	0,81%
Phosphor	0,6%	0,7%

Ergebnisse:

Nach der 5-tägigen für alle Tiere gleichen Vitamin D_3-Mangelperiode betrug das mittlere Körpergewicht von 458 Wachtelküken 12,1 g.

Die Verluste beliefen sich in diesem Zeitraum auf ca. 4% (18 von 476 Küken). In der Versuchsgruppe (1), der die

Vitamin D_3-arme Basalration I weiter angeboten wurde, überlebten nach 3 Versuchswochen (26 Lebenstage) nur 6 Tiere, was einer Mortalitätsrate von 93% entspricht. Mit steigenden Vitamin D_3-Zusätzen wurde die Mortalitätsrate deutlich beeinflußt (Tab. 3). Sie lag für 100 I.E. Vitamin D_3/kg Futter nach 4 Versuchswochen bei 57%, für 400 und 800 I.E. Vitamin D_3/kg Basalration I bei 7 bzw. 3%. Die hohe Mortalität in Versuchsgruppe 1 (ohne Vitamin D_3-Zusatz) und die durch abgestufte Vitamin D_3-Zusätze zu Basalration I erkennbar verminderten Verluste weisen die Basalration I als nahezu Vitamin D_3-frei aus.

Vitamin D_3-Zulagen von 400 und 800 I.E./kg Basalration I erhöhten bereits nach 1 Versuchswoche das durchschnittliche Körpergewicht um 2,4 bzw. 6,6 g gegenüber der Kontrollgruppe mit 21,2 g. Nach 2 Versuchswochen war eine deutliche Korrelation zwischen der Gewichtsentwicklung und der Höhe der Vitamin D_3-Zusätze zum Futter erkennbar. Die Gewichte der Tiere, deren Futter 100 I.E. Vitamin D_3/kg enthielt, betrugen nach 4 Versuchswochen 59,2 g, für Vitamin D_3-Zusätze von 200, 400 und 800 I.E. /kg Futter wurden Körpergewichte von 73,2, 84,7 und 88,3 g gemessen (Tab. 3). Die Zunahmen der Gruppen mit 100, 200 und 400 I.E. Vitamin D_3/kg Futter waren bei Versuchsende mit 46,8, 60,9 und 72,8 g hoch-signifikant ($P < 0,001$) voneinander verschieden. Ein Unterschied von 3,2 g zwischen den 4-Wochenzunahmen der Gruppen mit 400 bzw. 800 I.E. Vitamin D_3/kg Futter war nicht signifikant ($P > 0,05$). Über den Verlauf der Gewichtsentwicklung während der Versuchsdauer orientiert Abbildung 3.

Die Rohverwertungsdaten (Tab. 3) zeigten bei Versuchsende keine rationsabhängigen Unterschiede. Für steigende Vitamin D_3-Zusätze war eine Tendenz zu einer besseren Futterverwertung nicht erkennbar. Die für die einzelnen Gruppen und Untergruppen sehr unterschiedlichen Tierverluste dürften die Rohverwertungsdaten so beeinflußt haben, daß eine Beurteilung sehr erschwert, wenn nicht sogar unmöglich gemacht wurde.

Abb.: 3

Gewichtsentwicklung (Versuch I)

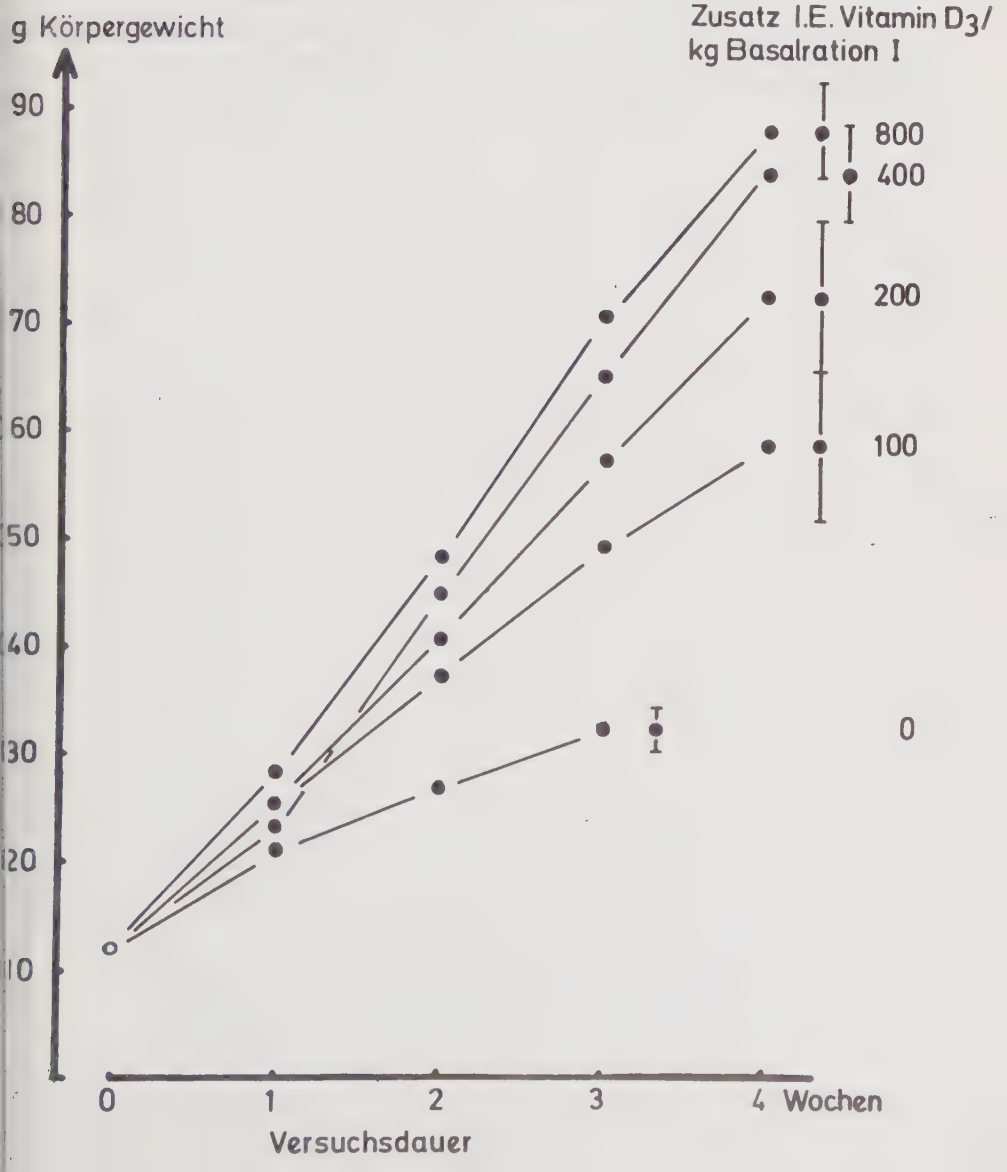
(nach 5 Tagen Vorperiode, Vitamin D_3-arme Basalration I)

8 Wiederholungen zu je 10-12 Küken / Versuchsgruppe

5 Versuchsgruppen mit 0, 100, 200, 400 und 800 I.E.

Vitamin D_3 / kg Futter

Versuchsdauer: 4 Wochen



Die Tiere der Versuchsgruppe mit 0, 100 und 200 I.E. Vitamin D_3/kg Basalration zeigten einen im Vergleich zu den 2 anderen Versuchsgruppen verspäteten Beginn des Federwachstums; die Befiederung blieb in diesen Gruppen bis Versuchsende unvollständig. Bei einigen Tieren dieser 3 Gruppen waren deutliche Bewegungsstörungen zu beobachten: Unsicheres Laufen, Einknicken in den Sprunggelenken und Laufen auf der Plantarfläche des Metatarsus. Die Sprung-, insbesondere aber die Zehengelenke waren deutlich verdickt und aufgetrieben.

Tabelle 3:

Verluste, Gewichtsentwicklung und Futterverwertung (Versuch I)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I.E. Vitamin D_3/kg	-	100	200	400	800
"Soll"-Tierzahl	8x12	8x12	8x12	8x12	8x12
"Ist"-Tierzahl *	90	94	95	90	89
Tierverluste					
in Stück	84**	53	16	6	3
in %	93**	57	17	7	3
Körpergewicht (g)					
Versuchsbeginn	11,8	12,4	12,3	11,9	12,3
7 Tage	21,2	25,5	25,7	23,6	27,8
14 Tage	26,9	37,7	40,8	44,9	48,7
21 Tage	34,9	49,3	57,5	65,6	71,1
28 Tage	-	59,2	73,2	84,7	88,3
± s	-	7,0	7,1	4,6	4,5
g Futter/g Zunahme					
1. Woche	2,38	2,19	2,14	2,27	2,03
2. Woche	3,56	2,52	2,64	2,20	2,55
3. Woche	3,05	3,33	3,07	2,93	3,00
4. Woche	-	4,76	4,08	4,27	5,36
kumulativ					
4 Versuchswochen	2,90**	3,10	3,02	2,97	3,19

* geringfügige Unterschiede zwischen der "Ist"- und der "Soll"-Tierzahl ergaben sich infolge von Verlusten in der Vorperiode und der angewandten Technik der Einteilung (Beibehaltung der Käfiggemeinschaft) in 5 annähernd gewichtsgleiche Gruppen zu je 8 Untergruppen.

** die überlebenden 6 Tiere wurden am Ende der 3. Versuchswoche getötet.

Die Auswertungskriterien in Versuch I mit Ausnahme des Futterverzehrs wurden durch steigende Vitamin D_3-Zusätze zum Futter positiv beeinflußt; geringste Mortalität und höchste Zunahmen wurden in der Gruppe mit 800 I.E. Vitamin D_3/kg Futter beobachtet. Der Unterschied in der Gewichtsentwicklung zwischen den beiden Gruppen mit den höchsten Vitamin D_3-Konzentrationen im Futter war nicht signifikant. Um das Verhalten des Wachtelkükens auch gegenüber höheren Vitamin D_3-Konzentrationen im Futter zu überprüfen, erschien die Wiederholung des Experiments in einer anderen und weiter ausgreifenden Vitamin D_3-Verdünnungsreihe angezeigt.

Versuch II:

Tiermaterial und Versuchsdurchführung:
470 Wachteleintagsküken beiderlei Geschlechts wurden in einer 5-tägigen Vorperiode mit der Basalration I (Tab. 1) ernährt. Danach wurden 6 annähernd gewichtsgleiche Gruppen zu je 7 Untergruppen mit je 9 - 11 Tieren gebildet. Die Versuchsrationen mit Vitamin D_3-Zusätzen von 500, 1000, 2000, 10 000, 100 000 bzw. 1 000 000 I.E./kg wurden über 3 Wochen ad libitum angeboten. Versuchstechnik und -durchführung entsprachen dem in Versuch I angewandten Verfahren.

Ergebnisse:
Nach einer 5-tägigen Vorperiode, in der wie in Versuch I die Vitamin D_3-arme Basalration angeboten wurde, lag das durchschnittliche Körpergewicht der Wachtelküken bei 10,5 g. Die Verluste betrugen in der Vorperiode 11% (51 von 470 Tieren). Diese im Vergleich zu Versuch I überhöhte Verlustziffer dürfte auf einen mehrmaligen Ausfall der Heizung in den ersten 3 Lebenstagen zurückzuführen sein. Wachtelküken reagieren sehr empfindlich auf einen Abfall der Raumtemperatur. Während des Versuches betrug die Mortalitätsrate in den Gruppen mit 500 und 1000 I.E. Vitamin D_3/kg Basalration nur knapp 2%, bei den Gruppen mit 10 000, 100 000 und 1 000 000 I.E. Vitamin D_3/kg belief

sie sich gleichermaßen auf etwa 4% (Tab. 4). Nach einer und nach zwei Versuchswochen bestanden in der Gewichtsentwicklung der 6 Versuchsgruppen keine Unterschiede. Erst die 3-Wochen-Zunahme der Gruppe, deren Futter 1 000 000 I.E. Vitamin D_3/kg zugesetzt war, war von der der anderen 5 Versuchsgruppen signifikant ($P < 0,05$) unterschieden (Tab.4). Die kumulativen Rohverwertungsdaten wiesen bei Versuchsende keine signifikanten Unterschiede auf. Allerdings ist ein Trend zu einer etwas ungünstigeren Futterverwertung für die Gruppen mit 100 000 und 1 000 000 I.E. Vitamin D_3/kg erkennbar (Tab. 4).

Tabelle 4:
Verluste, Gewichtsentwicklung und Futterverwertung
(Versuch II)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I.E.Vitamin D_3/kg Futter	500	1000	2000	10 000	100 000	1 000 000
Soll-Tierzahl	7x10	7x10	7x10	7x10	7x10	7x10
Ist-Tierzahl	69	70	71	71	69	69
Tierverluste						
in Stück	1	1	0	2	3	3
in %	2	2	0	3	4	4
Körpergewicht (g)						
Versuchsbeginn	10,6	10,6	10,4	10,5	10,5	10,4
7 Tage	26,6	27,9	26,1	26,1	26,6	25,8
14 Tage	46,6	50,0	49,4	48,3	48,5	45,7
21 Tage	70,0	73,0	72,9	72,4	72,9	67,0
3-Wochen-Zunahme (g)	59,4	62,4	62,5	61,9	62,4	56,6
$\pm$ s	5,5	4,4	4,0	4,7	2,9	5,2
g Futter/g Zunahme						
1. Woche	1,88	1,84	1,92	2,12	2,01	2,03
2. Woche	2,72	2,44	2,36	2,37	2,56	2,43
3. Woche	3,41	3,73	3,58	3,59	3,67	4,01
komulativ						
3 Versuchswochen	2,76	2,75	2,71	2,78	2,85	2,91

Versuch III:

Vitamin-Bedarfsermittlungen an erwachsenen Tieren gestalten sich oft schwieriger als bei wachsenden Tieren, da im Laufe des Wachstums bei optimaler Versorgung unter Umständen erhebliche Vitaminmengen gespeichert werden können. Vor Beginn der Untersuchungen zur Vitamin D_3-Bedarfsermittlung bei der Wachtelhenne sollte deshalb geklärt werden, inwieweit eine unterschiedliche Vitamin D_3-Vorversorgung Verlauf und Dauer einer nachfolgenden Verarmungsperiode (Depletionsperiode) beeinflußt.

Tiermaterial und Versuchsdurchführung

96 ca. 19 Wochen alte Wachtelhennen, die bis zu diesem Zeitpunkt ausreichend (1000 I.E./kg Alleinfutter) Vitamin D_3-versorgt waren, wurden der institutseigenen Zuchtkolonie entnommen, mit Flügelmarken gekennzeichnet und in Käfigen zu je 3 Tieren gehalten. Die Wachteln wurden, wie auch in den Versuchen IV und VI in Legebatterien* auf Drahtboden gehalten. Der Stallraum (ca. 20 qm) wurde durch 2 100-Watt-Lampen ganztägig beleuchtet, die Raumtemperatur betrug durchgehend etwa 18°C. Einer methioninergänzten Mais-Soja-Ration (Basalration II, Tab. 5) wurde das Vitamin D_3-Konzentrat so zugesetzt, daß Rationen mit Vitamin D_3-Gehalten von 1000, 2000, 4000 und 8000 I.E./kg entstanden. Diese 4 Rationen wurden zufällig auf je 8 Käfige verteilt und 12 Tage lang angeboten. Danach wurde über 30 Tage Basalration II ohne Vitamin D_3-Zusatz (= Vitamin D-Mangelration) verfüttert. Die Versuchsdauer betrug 30 Tage. Futter und Wasser konnten ad libitum aufgenommen werden. Die Versuchstiere wurden in wöchentlichen Abständen einzeln gewogen, in gleichen Intervallen wurde der Futterverzehr je Käfig (3 Hennen) gemessen und die Legeleistung berechnet. Das Kriterium "schalenlose" Eier - mit dem Vorkommen schalenloser bzw. dünnschaliger Eier muß im Vitamin D-Mangel gerechnet werden - wird in Prozent der Gesamteizahl/Versuchsgruppe angegeben. Dabei

* Legebatterien der Fa. Favor, Tomblaine, Frankreich

wurden die Eier als "schalenlos" bezeichnet, die entweder als schalenlos bzw. sehr dünnschalig auffielen oder deutliche Schalendefekte aufwiesen. Am 30. Versuchstag wurden die Eischalen gruppenweise gesammelt und auf ihren Calciumgehalt untersucht.

Ergebnisse:

Das Körpergewicht der Wachtelhennen wurde durch das unterschiedliche Vitamin D_3-Angebot während der Vorperiode und durch die Depletionsperiode nicht beeinflußt (Tab.6). Die Verluste während der gesamten Versuchsdauer (4 Wochen) betrugen für die 3 Gruppen, deren Futter während der Vorperiode 1000, 2000 und 4000 I.E. Vitamin D_3/kg enthalten hatte, im Mittel 17%, dagegen fallen die mit nur 4% deutlich geringeren Verluste der Gruppe mit 8000 I.E. Vitamin D_3/kg Vorfutter auf. Die Futterverzehrswerte ließen während der Vorperiode und der nachfolgenden Depletionsperiode keine Unterschiede zwischen den Gruppen erkennen. Mit fortschreitender Vitamin-D-Verarmung sank die tägliche Futteraufnahme von über 21 g/Tier (Vorperiode) auf unter 17 g/Tier in der 4. Versuchswoche. Die Legeleistung der Rationsgruppen, deren Futter für 12 Tage 1000, 2000, 4000 und 8000 I.E. Vitamin D_3/kg enthielt, lag während der Vorperiode bei 89, 63, 77 und 62%. Bei Berücksichtigung der nicht unerheblichen Streuung des Kriteriums Legeleistung/12 Tage zwischen den Untergruppen (= Käfige) einerseits und der versuchstechnisch bedingten Zahl von 8x3 Tieren/Gruppe (= 8 Einzelwerte), können die Unterschiede in der Legeleistung/Rationsgruppe als zufallsbedingt angesehen werden.

Tabelle 5:

Basalration II (Vitamin D_3-armes Legewachtelfutter)

Rationszusammensetzung

Mais	48,0 %
Sojaschrot (50% Rohprotein)	36,1 %
Rindertalg	5,0 %
Molkenpulver, teilentzuckert	1,0 %
Dicalciumphosphat	2,5 %
Calciumcarbonat	6,0 %
Kochsalz, jodiert	0,4 %
Vitaminvormischung	1,0 %
	100,0 %

Die Vitaminvormischung (auf feinzermahlenem Sojaschrot) enthielt in 10 g (= pro kg der Basalration):

Vitamin A	5 000 I.E.	Vitamin K_3	1 mg
Vitamin E	20 mg	Cholinchlorid	100 mg
Riboflavin	4 mg	Mn (über $MnSO_4 \times H_2O$)	66 mg
Vitamin B_{12}	20 mcg	Zn (über $ZnCO_3$)	57 mg
Pantothensäure	10 mg	DL - Methionin	1 800 mg
Nikotinsäure	25 mg		

	Errechnete Nährstoffgehalte:	Analytisch ermittelte Nährstoffgehalte:
Rohprotein	22,7 %	21,7 %
Rohfett	6,9 %	-
Asche	11,7 %	9,1 %
Calcium	3,1 %	3,1 %
Phosphor	0,82%	0,86%

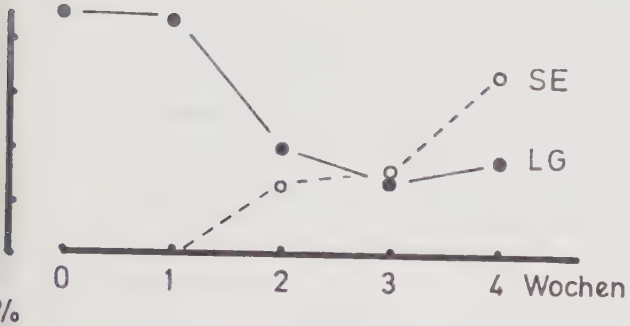
Die Legeleistung der Rationsgruppe mit einer Vitamin D_3-Vorversorgung von 1000 I.E./kg war nach 2 Wochen Depletion auf 40%, nach 3 Wochen auf 27% abgesunken. Bereits in der 2. Woche nach Versuchsbeginn wurden schalenlose Eier beobachtet. Nach 3 Wochen betrug ihr Anteil an der Gesamteizahl bereits 29%, er war bei Versuchsende auf 68% angestiegen. Bei der Rationsgruppe mit 4000 I.E. Vitamin D_3/kg Basalration in der Vorperiode vollzog sich der Abfall der Legeleistung merkbar langsamer. Die Gruppe, deren Futter in der Vorperiode 8000 I.E. Vitamin D_3/kg enthalten hatte, zeigte in den beiden ersten Versuchswochen eine kontinuierlich hohe Legeleistung von etwa 79%. Erst in der 3. Woche sank die Legeleistung dieser Gruppe auf 55%, in diesem Zeitraum wurden auch die ersten schalenlosen Eier beobachtet. In der 4. Woche lag der Anteil der schalenlosen Eier für diese Rationsgruppe bei 48%. Er lag damit noch um 13% unter dem Mittel der 3 anderen Rationsgruppen (Tab. 6, Abb. 4).

Am 30. Versuchstag betrug die Eischalen-Calcium-Ausscheidung/Henne für die Gruppen mit einer Vitamin D_3-Vorversorgung von 1000, 2000 und 4000 I.E./kg Futter 12,0, 13,1 und 12,3 mg. Die Eischalen-Calcium-Ausscheidung der Gruppe mit der höchsten Vitamin D_3-Vorversorgung (8000 I.E./kg Futter) war dagegen mit 19,1 mg um 55% gegenüber dem Mittel der 3 anderen Rationsgruppen erhöht (Tab. 7). Aus den Ergebnissen geht hervor, daß nach einer etwa 4-wöchigen Vitamin D_3-Depletions-Periode und einer Vorversorgung von 1000 - 4000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter mit einer weitgehenden Erschöpfung der Vitamin D-Speicher gerechnet werden kann.

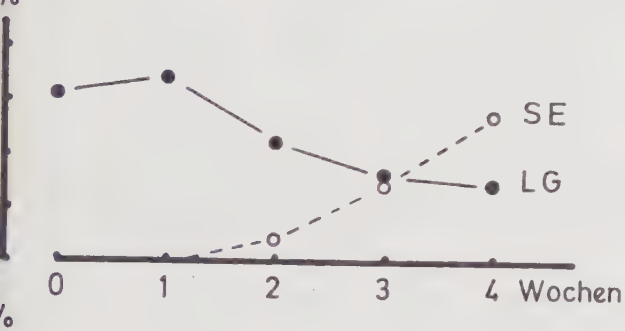
Vitamin D_3-Versorgung nach unterschiedlich hoher Vitamin D_3 - Vorversorgung. Legeleistung (LG %) und Anteil schalenloser Eier (SE %). Versuch III Versuchsdauer: 4 Wochen

Tierzahl / Versuchsgruppe: 8 x 3 Wachtelhennen

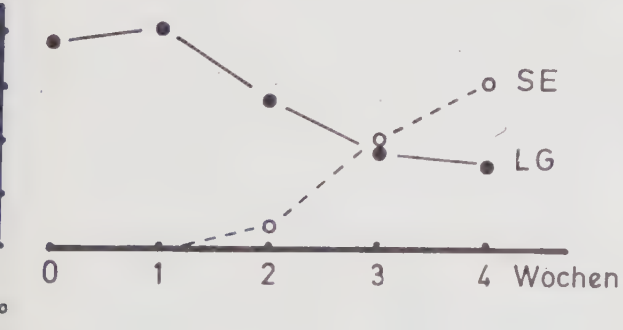
Vitamin D_3-Konzentration
kg Vorfutter (12 Tage)



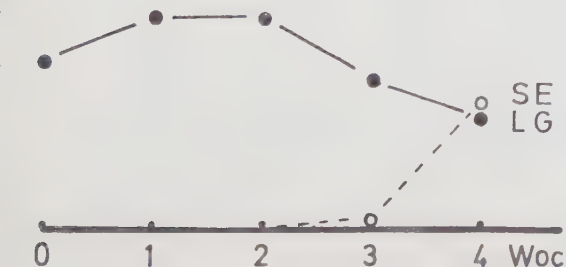
1000 I.E.



2000 I.E.



4000 I.E.



8000 I.E.

Tabelle 6:

Verluste, Futterverzehr und Körpergewichtsentwicklung sowie Legeleistung und Anteil schalenloser Eier an der Gesamteizahl (Versuch III)

Code-Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)
Vorfütterung I.E. Vitamin D_3/kg		1000	2000	4000	8000
Tierzahl		24	24	24	24
Verluste (%)		13	21	17	4
Futterverzehr (g/TierxTag)					
Vorperiode		23	21	21	20
1. Woche		23	21	22	22
2. Woche		20	20	20	22
3. Woche		19	17	18	21
4. Woche		17	17	16	16
Körpergewicht (g)					
Beginn Vorperiode		136	130	140	133
Versuchsbeginn		142	139	142	134
Versuchsende		139	139	139	129
Legeleistung (LG %) Anteil schalenloser Eier (SE %)					
Versuchsbeginn	LG	89	63	77	62
	SE	-	-	-	-
1. Woche	LG	88	69	83	79
	SE	-	-	-	-
2. Woche	LG	40	45	57	79
	SE	26	7	9	-
3. Woche	LG	27	33	37	55
	SE	29	29	41	5
4. Woche	LG	36	29	32	43
	SE	68	54	63	48

Tabelle 7:
Eischalen-Calcium-Ausscheidung/Tier am 30. Versuchstag (mg) Versuch III

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Vorfütterung I.E.: Vitamin D_3/kg	1000	2000	4000	8000
mg Ca	12,0	13,1	12,3	19,1
Relativzahlen	(100)	(109)	(103)	(159)

Versuch IV:

Der Grad der Vitamin D_3-Verarmung, der bei Beginn der Vitamin D_3-Zufütterungsperiode erreicht ist, ist für ein reproduzierbares Versuchsergebnis von hoher Bedeutung. Die nachstehend beschriebenen Versuche zur Vitamin D_3-Bedarfsermittlung bei Wachtelhennen wurden begonnen, wenn folgende Voraussetzungen gegeben waren: Legeleistung unter 30%, Anteil schalenloser Eier an der Gesamteizahl über 70%.

Eine weitergehende Depletion anzustreben, erschien nicht ratsam, da, wie CHANG und McGINNIS (1967) berichten, bei einer länger dauernden Depletion mit erheblichen Verlusten (bis zu 90%) zu rechnen ist. Die Kriterien Legeleistung und Anzahl schalenloser Eier können in dem Parameter Eischalen-Calcium-Ausscheidung / Tier und Tag zusammengefaßt werden. Eine Legeleistung unter 30% und ein Anteil schalenloser Eier von über 70% entsprechen etwa einer Eischalen-Calcium-Ausscheidung von weniger als 20 mg/Tier/Tag.

Tiermaterial und Versuchsdurchführung

Im Anschluß an Vers. III wurden aus den überlebenden 81 Wachtelhennen 4 neue Gruppen zu je 8 Käfigen gebildet. In jeder dieser Gruppen waren je 2 Käfige der 4 Rationsgruppen aus Versuch III zusammengefaßt. Die Tierzahlen/Gruppe betrugen 18, 20, 21 und 22 Wachtelhennen. 4 Rationen, die Vitamin D_3 in einer Konzentration von 50, 100, 150 und 200 I.E./kg enthielten, wurden nach Zufall auf

die Gruppen verteilt und ad libitum angeboten. Als Auswertungskriterien dienten die Legeleistung, der Anteil schalenloser Eier an der Gesamteizahl sowie die über die Eischale/Tier und Tag ausgeschiedene Ca-Menge. Legeleistung und Anzahl schalenloser Eier wurden pro Untergruppe erfaßt. Zur Calciumanalyse wurde jeweils eine Sammelprobe von 4 Käfigen einer Rationsgruppe herangezogen, so daß pro Calcium-Ausscheidungswert 2 Wiederholungen in jeder Versuchsgruppe anfielen. Zusätzlich wurde der Futterverzehr/Käfig und die Körpergewichtsentwicklung/Einzeltier gemessen. Nach 18 Tagen wurde der Versuch beendet.

Anschließend wurde den 4 Rationsgruppen ein gleiches Futter mit einem Gehalt von 1000 I.E. Vitamin D_3/kg angeboten. In den folgenden 4 Tagen wurde die Eischalen-Calcium-Ausscheidung ermittelt.

Ergebnisse:

In Tabelle 8 sind u.a. die Futterverzehrswerte, die Tierverluste während des Versuches und die Körpergewichtsentwicklung wiedergegeben. Diese Daten lassen vielleicht mit Ausnahme der Verlustziffern keine Beeinflussung durch die unterschiedliche Vitamin D_3-Versorgung erkennen.

Während 50 I.E. Vitamin D_3/kg Basalration die Legeleistung in 18 Tagen nur geringfügig von 25 auf 33% verbesserten, war die Legeleistung der Gruppe, die 200 I.E. Vitamin D_3/kg Futter erhielt, in 12 Tagen bereits von 30 auf 75% angestiegen. Schalenlose Eier wurden in dieser Gruppe (200 I.E./kg) zwischen dem 12. und dem 18. Tag nur noch vereinzelt beobachtet. Für die Gruppen mit 100 und 150 I.E. Vitamin D_3/kg Futter betrug der Anteil der schalenlosen Eier an der Gesamteizahl zwischen dem 7. und dem 12. Versuchstag (13. und 18. Versuchstag) 22% (20%) bzw. 25% (20%). 50 I.E. Vitamin D_3/kg Futter verringerten den Anteil schalenloser Eier von fast 100% bei Versuchsbeginn auf 72% bei Versuchsende. Eine

Tendenz zur weiteren Erniedrigung des Anteils schalenloser Eier bei Fortführung des Versuches über den 18. Tag hinaus war nicht zu erkennen (Tab. 8, Abb. 5).

Die Abhängigkeit der Legeleistung und der Anzahl schalenloser Eier von der Vitamin D_3-Versorgung wird in den Werten der Eischalen-Calcium-Ausscheidung/Tier und Tag besonders deutlich. Bereits in den ersten 3 Tagen lag die Eischalen-Calcium-Ausscheidung der Gruppe mit 100 I.E. Vitamin D_3/kg Futter um 24% über der der Gruppe mit 50 I.E. Vitamin D_3/kg Futter (Tab. 8, Abb. 6).

In Abbildung 6 ist der Verlauf der Eischalen-Calcium-Ausscheidung in Abhängigkeit von Zeit und Höhe der Vitamin D_3-Zufuhr graphisch dargestellt.

Nach einer ausreichenden Vitamin D_3-Zufuhr (1000 I.E./kg Futter) egalisierte sich die Eischalen-Calcium-Ausscheidung der zuvor unterschiedlich suboptimal Vitamin D_3-versorgten Wachtelhennen bereits in 4 Tagen (Tab. 9, Abb. 7).

Tabelle 8:

Verluste, Futterverzehr und Körpergewichtsentwicklung sowie Legeleistung, Anteil schalenloser Eier an der Gesamteizahl und Eischalen-Calcium-Ausscheidung (Versuch IV)

Code-Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)
I.E. Vitamin D_3/kg Futter		50	100	150	200
Tierzahl		18	20	21	22
Verluste (%)		-	20	15	9
Futterverzehr (g/Tier x Tag)		19	19	20	20
Körpergewicht (g)					
Versuchsbeginn		139	139	139	129
Nach 1 Woche		144	140	143	139
Nach 2 Wochen		145	145	146	130
Legeleistung (LG %) Anteil schalenloser Eier (SE %)					
Versuchsbeginn	LG	25	30	28	30
	SE	100	92	91	90
1. - 6. Tag	LG	26	22	33	37
	SE	94	68	43	21
7. -12. Tag	LG	34	38	57	75
	SE	70	22	25	2
13.-18. Tag	LG	33	58	61	60
	SE	72	20	20	-

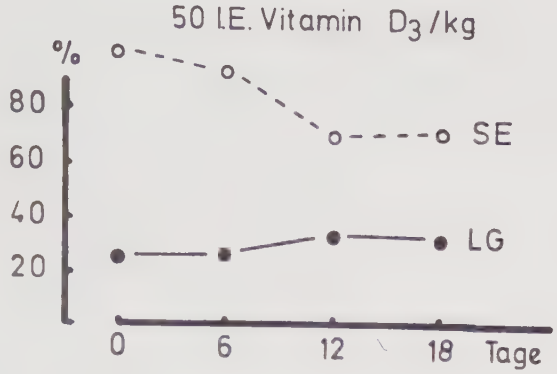
Eischalen-Ca-Ausscheidung (mg/Tier und Tag, Relativzahlen in Klammern)

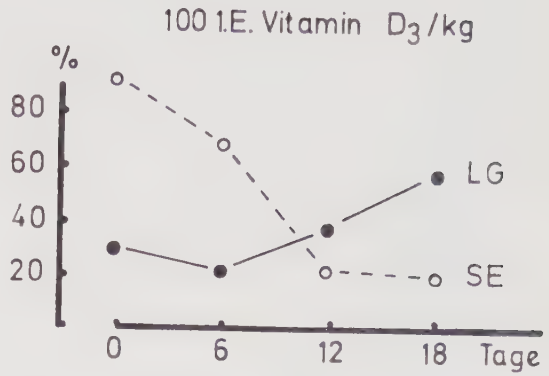
1. - 3. Tag	6,8 (100)	8,4 (124)	8,5 (125)	17,7 (260)
4. - 6. Tag	21,5 (100)	30,1 (140)	60,5 (281)	112,3 (522)
7. - 9. Tag	27,3 (100)	49,9 (183)	73,4 (269)	140,0 (513)
10. - 12. Tag	21,9 (100)	65,9 (301)	98,7 (541)	163,9 (748)
13. - 15. Tag	37,8 (100)	94,9 (251)	146,6 (388)	191,5 (507)
16. - 18. Tag	25,7 (100)	91,0 (354)	119,6 (465)	137,9 (537)

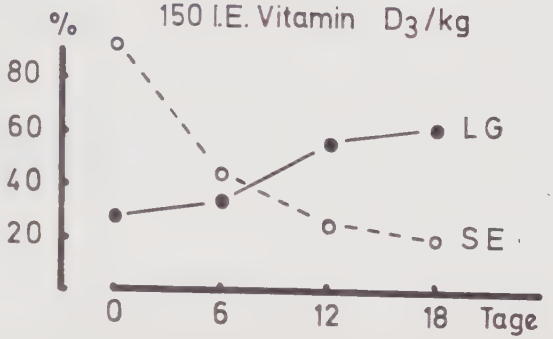
Legeleistung (LG %) und dem Anteil schalenloser Eier (SE %).

Versuch IV Versuchsdauer: 18 Tage Tierzahl / Versuchsgruppe: 8x3 Wachtelhennen

4 Versuchsrationen mit 50, 100, 150 und 200 I.E. Vitamin D_3 / kg Basalration II







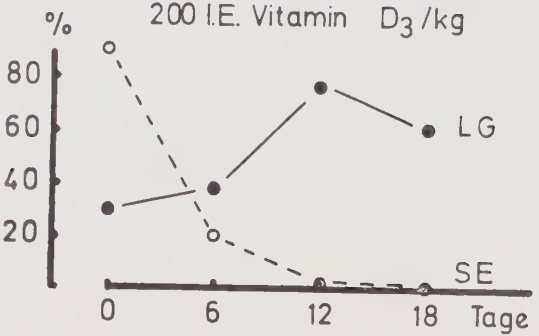


Abb.:6 Eischalen-Calcium-Ausscheidung in Abhängigkeit von der Vitamin D_3-Versorgung von Wachtelhennen für 6 Versuchsabschnitte zu je 3 Tagen. Versuch IV Versuchsdauer: 18
Tierzahl / Versuchsgruppe: 8 x 3 Wachtelhennen
4 Versuchsgruppen
- ■ 50 I.E. Vitamin D_3 / kg Basalration II
- ● 100 I.E. Vitamin D_3 / kg Basalration II
- ▲ 150 I.E. Vitamin D_3 / kg Basalration II
- ◆ 200 I.E. Vitamin D_3 / kg Basalration II

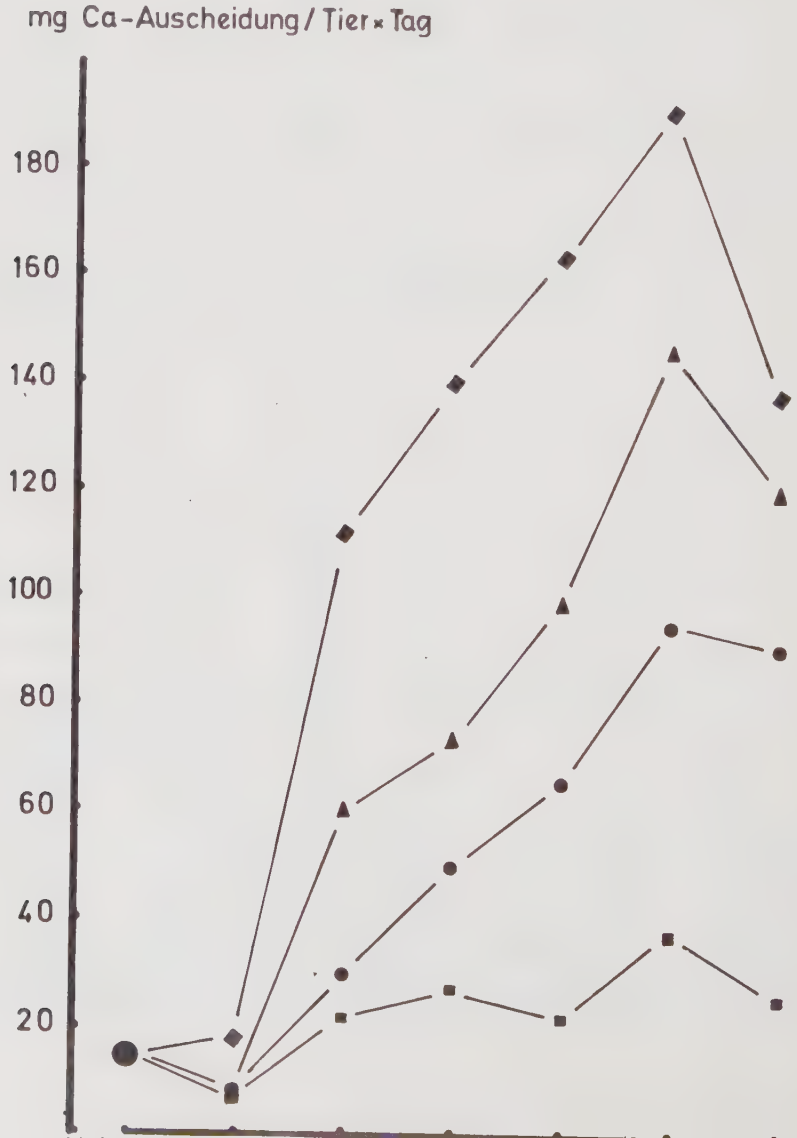
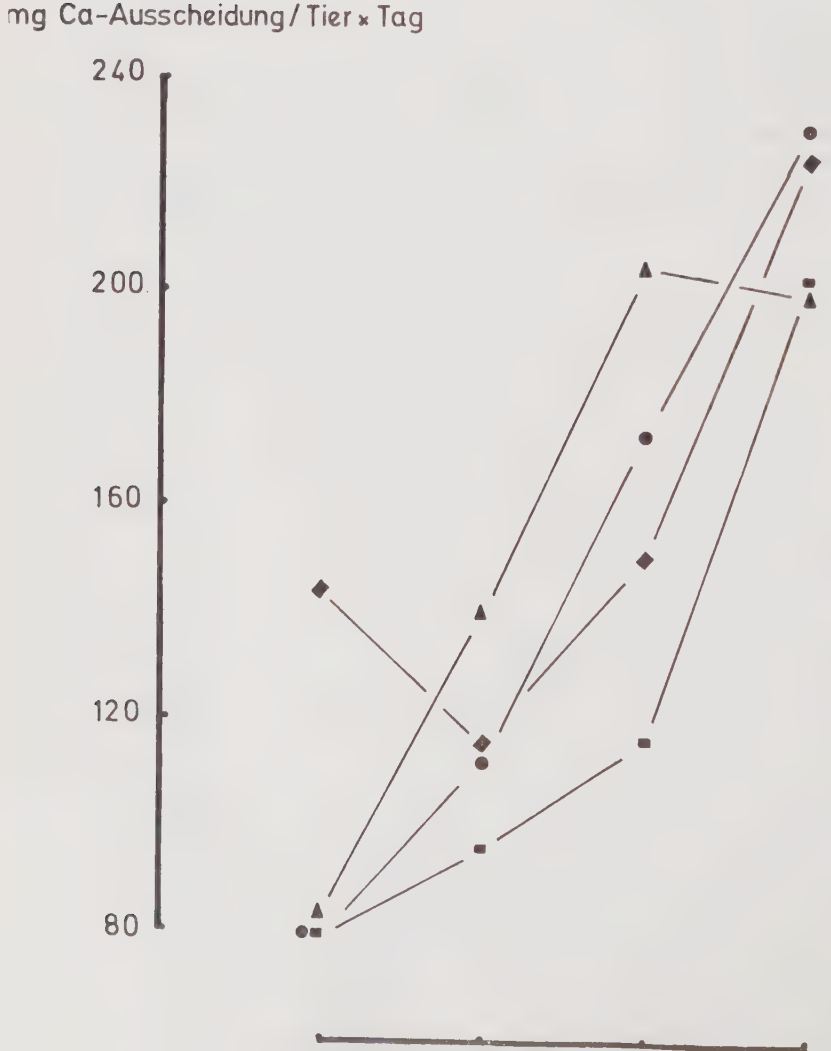


Tabelle 9:

Eischalen-Calcium-Ausscheidung nach Umstellung auf Legewachtelfutter (1000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter)
19. - 22. Versuchstag Versuch IV

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Vorfütterung				
I.E./Vitamin D_3/kg	50	100	150	200
mg Ca/Tier und Tag				
19.Tag	79,8	80,2	84,1	143,8
20.Tag	96,2	111,9	140,4	116,3
21.Tag	116,1	173,1	203,9	149,6
22.Tag	201,5	229,7	198,0	223,9

Abb.:7 Eischalen-Calcium-Auscheidung normal Vitamin D_3 (1000 I.E versorgter Wachtelhennen in auf eine suboptimale Vitamin D_3 -Zufuhr (50,100,150 und 200 I.E./kg für 18 Tag folgenden 4 Tagen.
Tierzahl / Versuchsgruppe: 8x3 Wachtelhennen
Vorversorgung (18 Tage)
- ▪ 50 I.E. Vitamin D_3 /kg Futter
- ● 100 I.E. Vitamin D_3 /kg Futter
- ▲ 150 I.E. Vitamin D_3 /kg Futter
- ◆ 200 I.E. Vitamin D_3 /kg Futter



Versuch V:

Da in Versuch IV mit der höchsten geprüften Vitamin D_3-Konzentration im Futter (200 I.E./kg) keine voll befriedigende Legeleistung gemessen werden konnte, wurde in Versuch V auch eine Ration mit einem Gehalt von 320 I.E. Vitamin D_3/kg Futter angeboten.

Tiermaterial und Versuchsdurchführung

48 Legewachteln im Alter von ca. 17 Wochen wurden in 4 Gruppen zu je 4 x 3 Tieren eingeteilt. Die Wachtelhennen entstammten der institutseigenen Koloniezucht und hatten vor Beginn der Versuchsperiode ein Futter mit einem Zusatz von 1000 I.E. Vitamin D_3/kg erhalten. Die Tierhaltung entsprach den in Versuch IV beschriebenen Bedingungen mit Ausnahme der Käfigkonstruktion; die Hennen waren in selbstgebauten Plastikeinheiten auf schräggestelltem 8 mm breitem Maschendrahtboden aufgestallt. Nach einer vierwöchigen Vitamin D-Depletionsperiode (Basalration II) wurden Rationen mit 40, 80, 160 und 320 I.E. Vitamin D_3/kg angeboten. Die Herstellung der Rationen erfolgte entsprechend dem in den früheren Versuchen beschriebenen Verfahren. Der Versuch wurde nach 28 Tagen abgeschlossen.

Ergebnisse:

Das mittlere Körpergewicht pro Tier wies für die einzelnen Versuchsgruppen zwischen Versuchsbeginn und Versuchsende keine Unterschiede auf. Auch die Tierverluste verhielten sich unabhängig vom Gehalt des Futters an Vitamin D_3. Bezüglich des Futterverzehrs war in der zweiten Versuchswoche eine Tendenz zu steigender Futteraufnahme bei höherer Vitamin D_3-Versorgung zu erkennen. Diese Tendenz blieb für die 3. und 4. Versuchswoche gleichmäßig erhalten (Tab. 10).

Eine Konzentration von 40 I.E. Vitamin D_3/kg Futter konnte - über 4 Wochen verabreicht - die Legeleistung und den Anteil schalenloser Eier von 4 x 3 Wachtelhennen gegenüber

den Anfangswerten nicht merklich verändern. 80 I.E. Vitamin D_3/kg Futter verbesserten die Legeleistung während der Versuchsdauer auf 39% und senkten den Anteil schalenloser Eier auf etwa 50%. Bei den Wachtelhennen, die 320 I.E. Vitamin D_3/kg Futter erhielten, war bereits nach 2 Wochen wieder eine Legeleistung vom 80% erreicht. Das letzte schalenlose Ei wurde in dieser Rationsgruppe am 9. Versuchstag beobachtet (Tab. 11, Abb. 8).

Tabelle 10:
Verluste, Futterverzehr und Körpergewichtsentwicklung (Versuch V)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
I.E. Vitamin D_3/kg Futter	40	80	160	320
Tierzahl	4x3	4x3	4x3	4x3
Verluste (%)	8	-	17	-
Futterverzehr (g/TierxTag)				
1. Woche	18	18	17	19
2. Woche	16	16	17	18
3. Woche	18	18	19	20
4. Woche	18	19	19	20
Körpergewicht (g)				
Versuchsbeginn	137	131	133	137
1. Woche	140	131	146	136
2. Woche	142	135	140	137
3. Woche	140	137	143	137
4. Woche	136	139	139	138

Durch die Zusammenfassung der Parameter Legeleistung und Anteil schalenloser Eier in der Eischalen-Calcium-Ausscheidung/Tier und Tag wird die Abhängigkeit der gewählten Kriterien von der Vitamin D_3-Versorgung besonders deutlich (Tab. 11, Abb. 9).

So betrug die Eischalen-Calcium-Ausscheidung am 16.-18. Versuchstag für die Gruppen mit 40, 80, 160 und 320 I.E. Vitamin D_3/kg Futter 17,2, 15,4, 87,8 und 238,5 mg/ Tier und Tag.

Tabelle 11:

Legeleistung und Anteil schalenloser Eier sowie Eischalen-Calcium-Ausscheidung (Versuch V)

Code-Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)
I.E. Vitamin D_3/kg Futter		40	80	160	320
Tierzahl		4x3	4x3	4x3	4x3
Legeleistung (LG %) Anteil schalenloser Eier (SE %)					
Versuchsbeginn	LG	24	24	24	24
	SE	78	78	78	78
1. - 7. Tag	LG	26	32	38	64
	SE	68	60	17	11
8. - 14. Tag	LG	26	38	69	82
	SE	80	55	8	1
15. - 21. Tag	LG	27	32	54	85
	SE	62	52	3	-
22. - 28. Tag	LG	19	39	59	85
	SE	80	50	10	-
Eischalen-Ca-Ausscheidung (mg/Tier und Tag)					
1. - 3. Tag		12,0	7,9	9,1	25,5
(Relativ)		(100)	(66)	(76)	(213)
4. - 6. Tag		12,3	9,5	62,1	79,3
(Relativ)		(100)	(77)	(505)	(645)
7. - 9. Tag		12,4	24,0	52,8	129,9
(Relativ)		(100)	(194)	(426)	(1048)
10. - 12. Tag		11,2	17,1	96,5	182,5
(Relativ)		(100)	(153)	(862)	(1629)
13. - 15. Tag		3,1	27,3	102,1	238,7
(Relativ)		(100)	(881)	(3293)	(7700)
16. - 18. Tag		17,2	15,4	87,8	238,5
(Relativ)		(100)	(90)	(510)	(1387)

Abb.: 8 Abhängigkeit zwischen dem Vitamin D_3-Angebot nach einer Depletionsperiode sowie der Legeleistung (LG%) und dem Anteil schalenloser Eier (SE %).
Versuch V Versuchsdauer: 4 Wochen Tierzahl/Versuchsgruppe: 4x3 Wachtelhennen
4 Versuchsrationen mit 40,80,160 und 320 I.E. Vitamin D_3/kg Basalration II

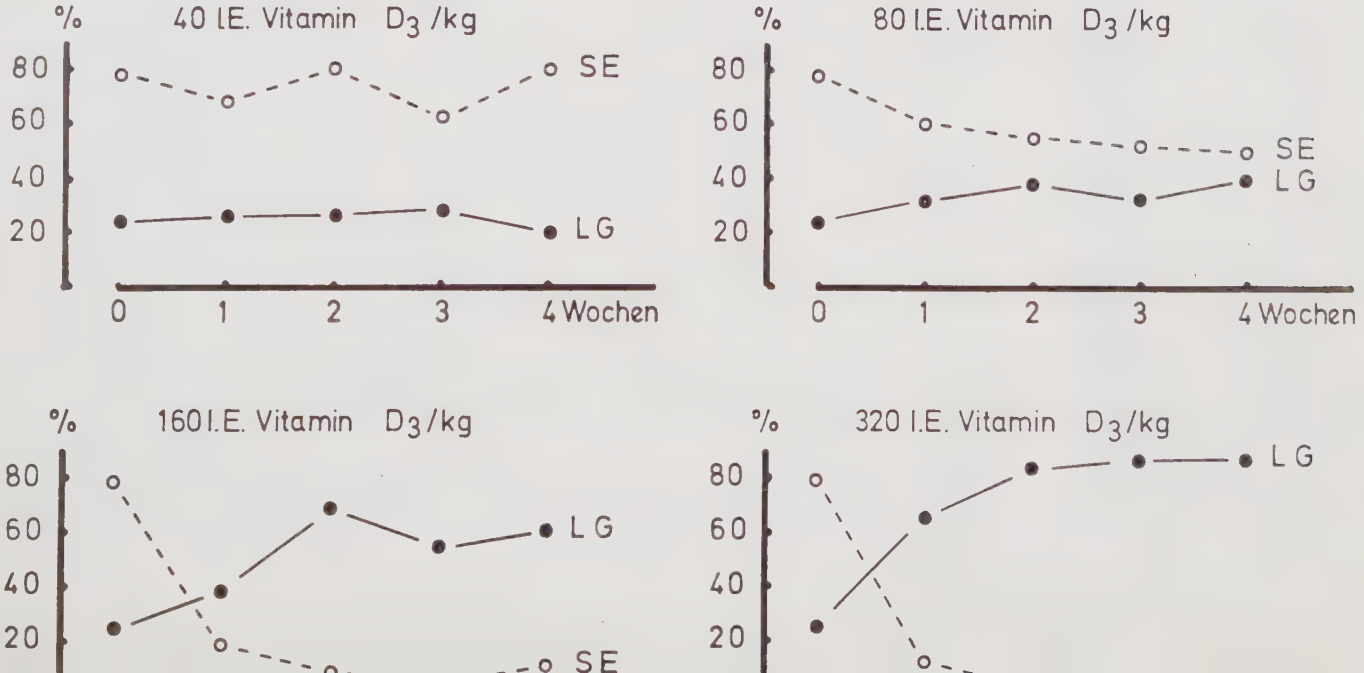
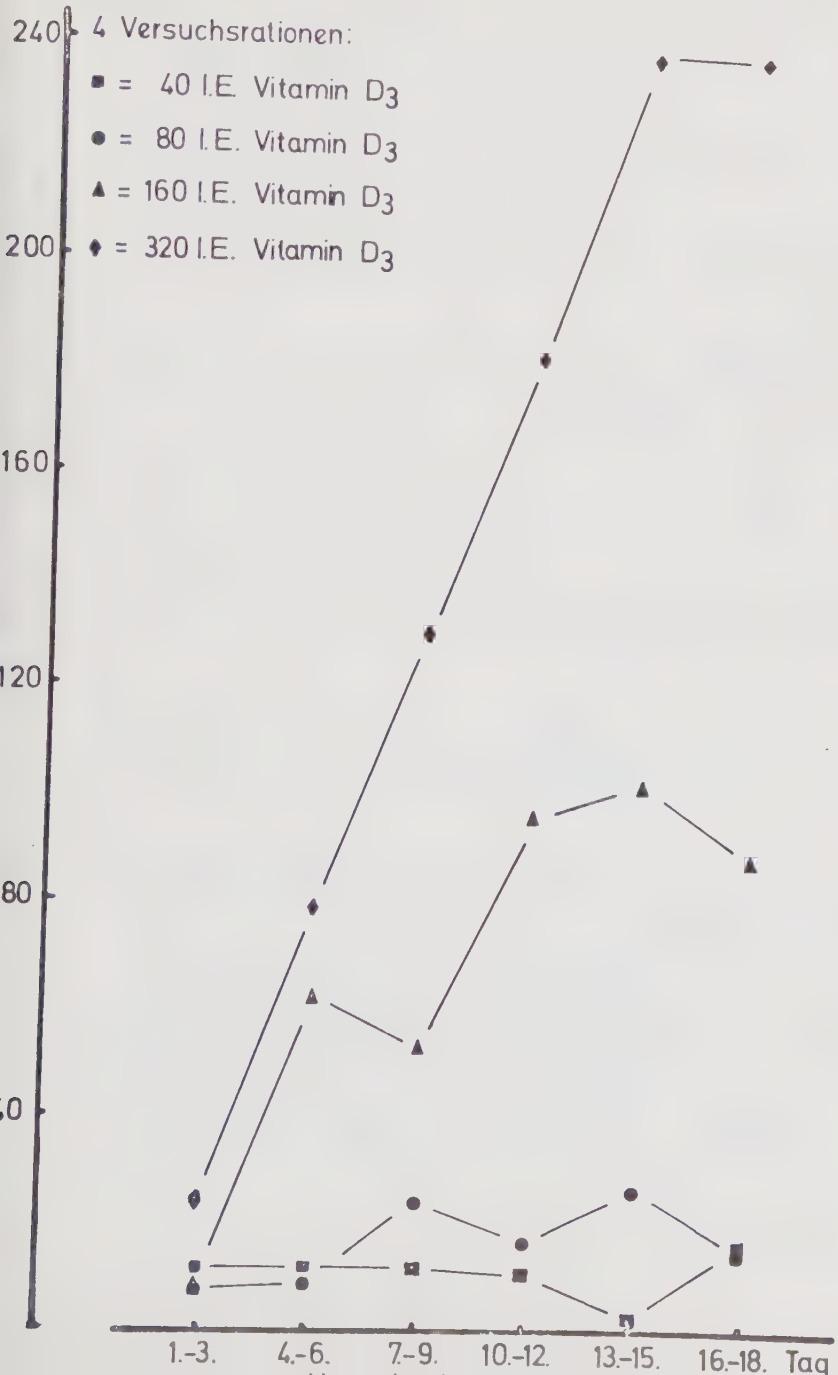


Abb: 9 Verlauf der Eischalen-Ca-Auscheidung in Abhängigkeit von Dauer und Höhe der Vitamin D_3-Versorgung (Versuch V)



Versuch VI:

Dieser Versuch wurde durchgeführt, um die lineare Beziehung, die sich zwischen der Vitamin D_3-Zufuhr mit der Nahrung - ausgedrückt als I.E. Vitamin D_3/kg Futter - und der Calcium-Ausscheidung über die Eischale, die sich in Versuch IV und V ergeben hatte, nochmals zu überprüfen. Dabei wurden Rationen mit Vitamin D_3-Konzentrationen von 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 und 220 I.E./kg angeboten.

Tiermaterial und Versuchsdurchführung

75 Legewachteln im Alter von ca. 31 Wochen, die zum Teil schon in den Versuchen III und IV verwendet worden waren, aber zwischenzeitlich mindestens für 4 Wochen 1000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter erhalten hatten, wurden nach einer Depletionszeit von 3 Wochen in 8 Gruppen zu je 4 Untergruppen (= Käfige) eingeteilt. Die Tierzahl pro Gruppe betrug nur 8 - 10 Hennen. Die Wachteln wurden in einem abgedunkelten Raum unter 24-Stunden-Dauerlicht/Tag gehalten. Die Versuchsdauer betrug 18 Tage.

Ergebnisse:

Futterverzehrsdaten und Gewichtsentwicklung im Versuchszeitraum lassen keinen Einfluß einer unterschiedlichen Vitamin D_3-Versorgung erkennen (Tab. 13).

Auch in Versuch VI wurde die Legeleistung und die Eischalenqualität von steigenden Vitamin D_3-Konzentrationen im Futter positiv beeinflußt. 80 I.E. Vitamin D_3/kg Futter verbesserten die Legeleistung auch nach 18 Versuchstagen nur geringfügig von 20 auf 34%. Die Konzentrationen von 140 und 200 I.E. Vitamin D_3/kg Futter hatten eine Steigerung der Legeleistung von 17 auf 53% bzw. von 19 auf 68% zur Folge. Der Anteil schalenloser Eier wurde durch 80, 140 und 200 I.E. Vitamin D_3/kg Futter von 100 auf 53, 22 und 8% reduziert (Tab. 12, Abb. 10a und 10b).

Abb.:10a Abhängigkeit zwischen dem Vitamin D_3-Angebot nach einer Depletionsperiode, sowie der Legeleistung (LG %) und dem Anteil schalenloser Eier (SE %). Versuch VI
Fortsetzung Abb.:10b Versuchsdauer: 18 Tage
Tierzahl / Versuchsgruppe: 4x3 Wachtelhennen
8 Versuchsrationen

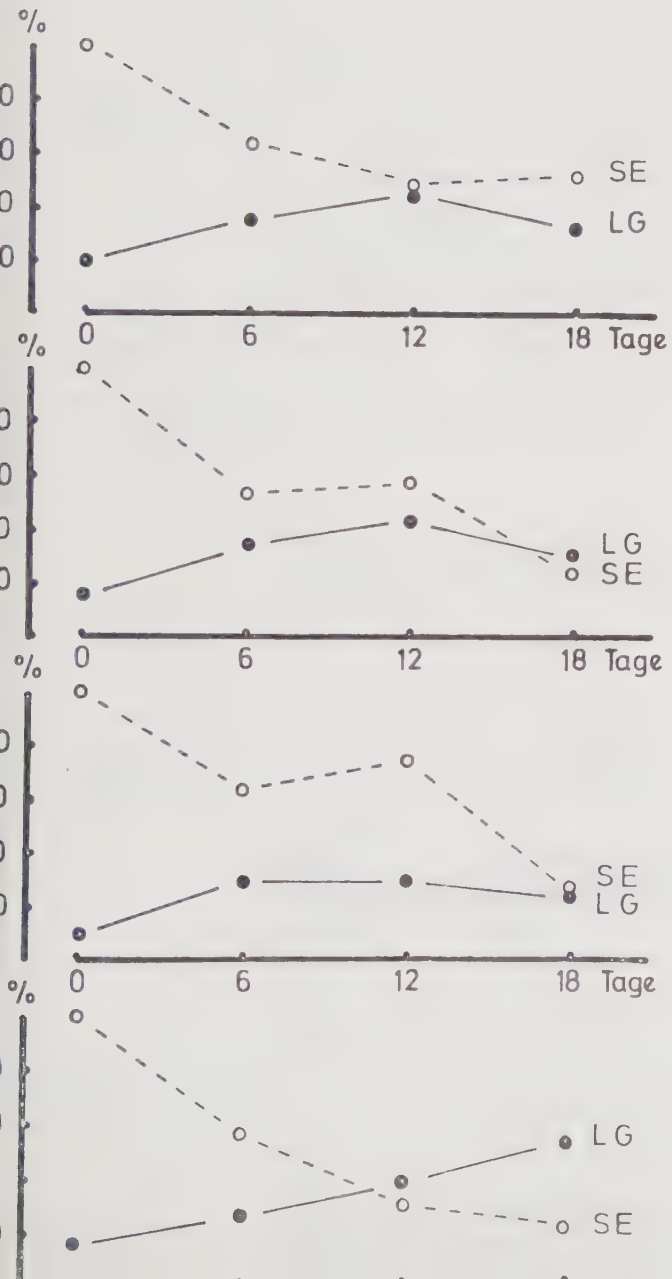
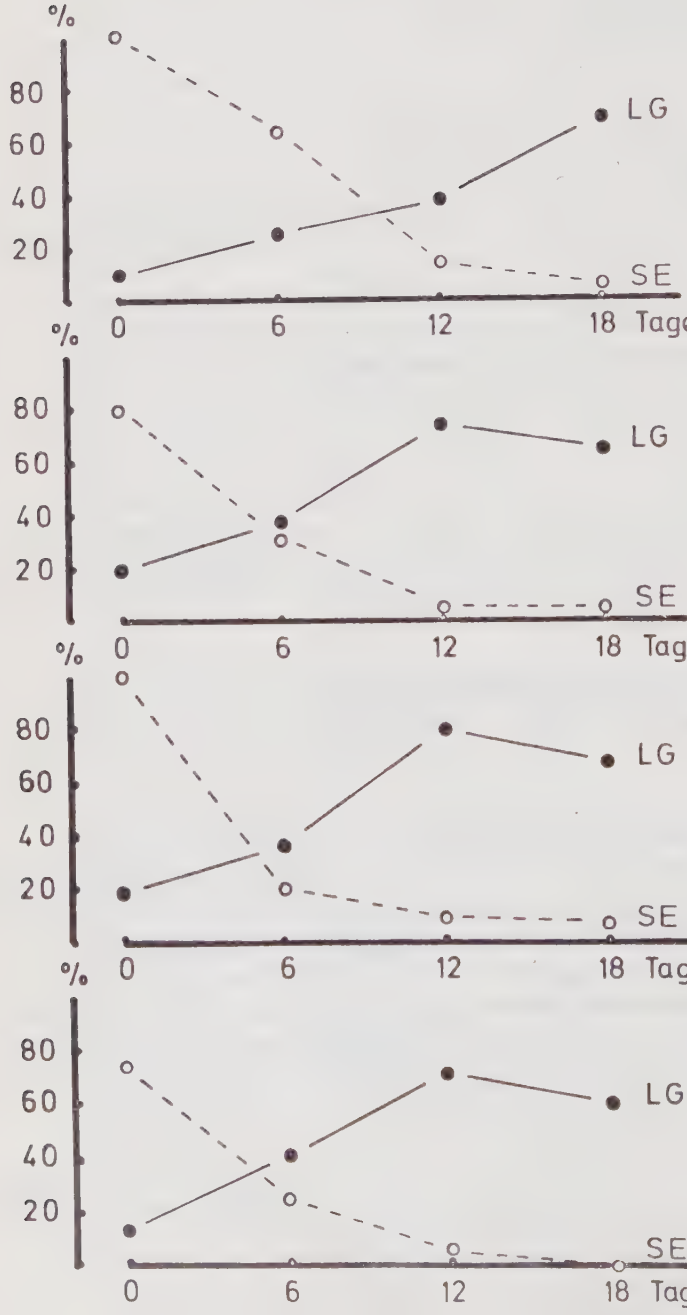


Abb.: 10 b Fortsetzung von Abb.: 10 a



Die Beziehung zwischen Vitamin D-Angebot einerseits und Legeleistung und Anzahl schalenloser Eier andererseits war jedoch für die 8 Rationsgruppen in Versuch VI nicht so eng wie in den vorher beschriebenen Versuchen. Dies kann zumindest teilweise auf die geringere Tierzahl pro Versuchsgruppe zurückgeführt werden. Auch war aus versuchstechnischen Gründen eine gleichmäßige Verteilung der Rationsgruppen im Raum, etwa nach gleicher Beleuchtungsintensität, nicht möglich gewesen, sodaß für bestimmte Konzentrationsgruppen auch die Einflüsse des Käfigorts miterfaßt wurden.

Bei Versuchsbeginn lag die mittlere Eischalen-Calcium-Ausscheidung bei 15,5 mg/Tier und Tag. Als Mittelwert für den Versuchsabschnitt 13. - 18. Tag betrug sie für die Gruppen mit 80, 140 und 220 I.E. Vitamin D_3/kg Futter 45, 98 und 158 mg/Tier·Tag. (Tab. 12, Abb. 11).

Tabelle 12: Legeleistung, Anteil schalenloser Eier und Eischalen-Ca-Ausscheidung (Versuch VI)

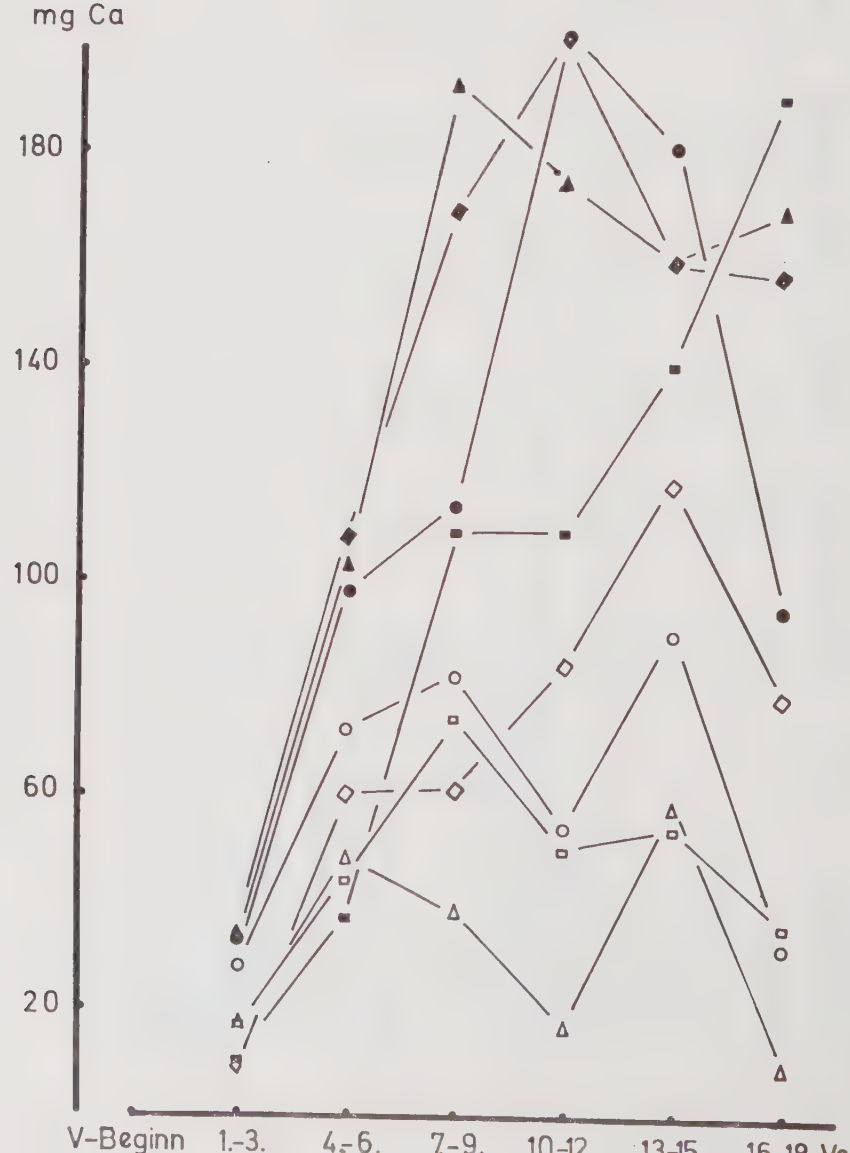
Code-Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
I.E.Vitamin D_3/kg Futter		80	100	120	140	160	180	200	220
Legeleistung (LG %)									
Anteil schalenloser Eier (SE %)									
Versuchsbeginn	LG	20	16	10	17	10	20	19	14
	SE	100	100	100	100	100	81	100	74
1. - 6. Tag	LG	36	35	30	26	26	38	37	41
	SE	64	54	64	56	64	32	21	25
7. - 12. Tag	LG	46	44	30	38	50	75	80	72
	SE	50	58	75	30	15	6	10	6
13. - 18. Tag	LG	34	31	24	53	69	65	68	61
	SE	53	25	27	22	7	6	8	-
Eischalen-Ca-Ausscheidung (mg/Tier und Tag)									
1. - 3. Tag		17,3	28,0	16,4	8,7	9,5	28,0	33,2	34,0
(Relativ)		(100)	(162)	(95)	(50)	(55)	(162)	(192)	(197)
4. - 6. Tag		44,2	71,9	48,0	59,9	37,1	97,9	102,8	108,2
(Relativ)		(100)	(163)	(109)	(136)	(84)	(221)	(233)	(245)
7. - 9. Tag		73,8	82,2	37,7	60,7	109,3	114,0	193,1	168,8
(Relativ)		(100)	(111)	(52)	(82)	(148)	(154)	(262)	(229)
10. - 12. Tag		49,7	54,2	17,4	84,1	108,9	202,4	174,7	201,0
(Relativ)		(100)	(109)	(35)	(169)	(219)	(407)	(352)	(404)
13. - 15. Tag		54,1	89,7	57,8	118,4	139,7	180,7	160,1	159,1
(Relativ)		(100)	(166)	(107)	(219)	(258)	(334)	(296)	(294)
16. - 18. Tag		35,7	31,9	10,3	78,5	189,6	94,6	169,2	156,8
(Relativ)		(100)	(89)	(29)	(220)	(531)	(265)	(474)	(439)

Tabelle 13: Verluste, Futterverzehr und Körpergewichtsentwicklung (Versuch VI)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
I.E. Vitamin D_3/kg Futter	80	100	120	140	160	180	200	220
Tierzahl	10	9	9	10	9	8	9	10
Verluste (Tiere)	1	1	1	0	2	0	0	1
Futterverzehr (g/Tier und Tag)								
1. Woche	22	21	23	22	22	23	24	24
2. Woche	18	17	19	19	20	21	20	10
kumulativ (18 Tage)	20	20	20	20	21	22	22	22
Körpergewicht (g)								
Versuchsbeginn	144	137	142	139	142	145	143	133
7. Tag	148	142	145	142	144	145	145	141
14. Tag	142	129	143	134	143	147	138	131

Abb.:11 Eischalen-Calcium-Ausscheidung in Abhängigkeit von de Vitamin D_3-Versorgung von Wachtelhennen für 6 Versuch abschnitte zu je 3 Tagen. Versuch VI Versuchsdauer: 18 Tierzahl/Versuchsgruppe: 4x3 Wachtelhennen
8 Versuchsrationen

- ▫ 80 I.E. Vitamin D_3 / kg
- ▪ 160 I.E.
- ○ 100 I.E. Vitamin D_3 / kg
- ● 180 I.E.
- △ 120 I.E. Vitamin D_3 / kg
- ▲ 200 I.E.
- ◇ 140 I.E. Vitamin D_3 / kg
- ◆ 220 I.E.



D I S K U S S I O N

Wachtelaufzucht

Versuchsdurchführung und Versuchstechnik unterschieden sich in Versuch I und Versuch II nicht. Deshalb mag eine vergleichende Betrachtung der Ergebnisse beider Versuche erlaubt sein. In Versuch I hatten von 100 über 200 und 400 bis 800 I.E. steigende Vitamin D_3-Zusätze/kg Basalration I bis auf 3% (800 I.E. Vitamin D_3/kg Futter) abfallende Mortalitätsraten zur Folge. In Versuch II lag die Verlustrate für die Gruppen mit 500 und 1000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter bei knapp 2%. Somit verringerten Vitamin D_3-Zusätze bis zu 500 I.E./kg Basalration die Verluste, darüber hinausgehende Vitamin D_3-Gaben blieben ohne Einfluß.

Dieses Ergebnis steht in einem gewissen Widerspruch zu Angaben von SHUE (1967), der mit höheren Vitamin D_3-Zusätzen als 160 I.E./kg halbsynthetischer Ration die Mortalitätsrate nicht weiter beeinflussen konnte. Allerdings sind die absoluten Verlustziffern aus den Untersuchungen von SHUE nicht bekannt. Im allgemeinen (40) werden in der Wachtelaufzucht Verluste zwischen 8 und 12 Prozent als normal angesehen.

In Mangelversuchen, denen eine Depletionsperiode vorgeschaltet wird, stellt die Zunahme während der darauffolgenden Versuchsperiode eines der wichtigsten Kriterien dar. Deshalb sollte versucht werden, anhand der 3-Wochen-Zunahmen, die für Versuch I und Versuch II vorliegen, Schlüsse auf den Vitamin D_3-Bedarf des Wachtelkükens in den ersten 3 - 4 Lebenswochen zu erhalten. Die 3-Wochen-Zunahmen der Gruppen mit 100, 200, 400 und 800 I.E. Vitamin D_3/kg Basalration (Versuch I) waren alle signifikant ($P < 0,05$) voneinander verschieden, sie lagen für die beiden Gruppen mit der höchsten Vitamin D_3-Konzentration im Futter bei 53,7 und 58,8 g. In Versuch II bestand zwischen den 3-Wochen-Zunahmen der Gruppen mit

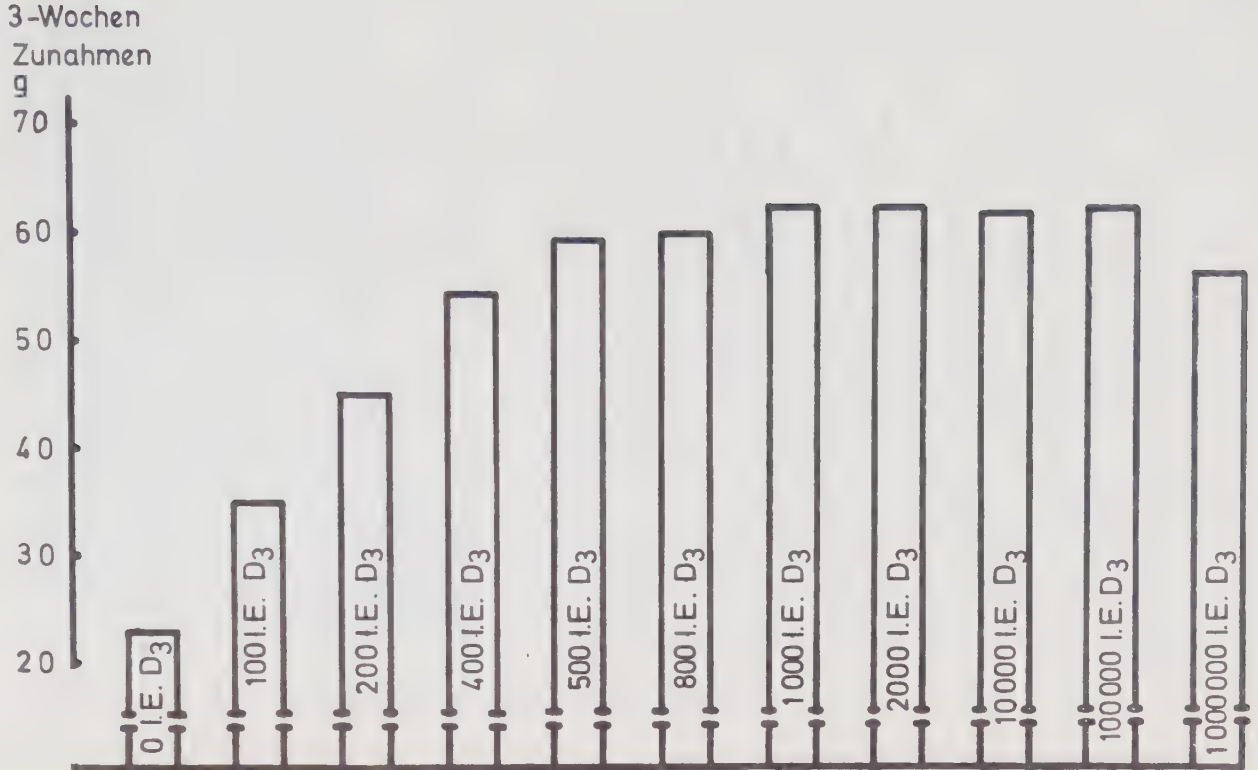
500 und 1000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter mit 59,4 und 62,4 g kein gesicherter ($P > 0,05$) Unterschied. Die auf gleichem Niveau liegenden 3-Wochen-Zunahmen der Gruppe mit 800 (VersuchI) und der Gruppen mit 500 und 1000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter (Versuch II) fallen ins Auge (Abb. 12). Der für optimales Wachstum von Wachtelküken in den ersten 3 bis 4 Wochen der Aufzucht notwendige Vitamin D_3-Zusatz/kg Alleinfutter liegt demnach zwischen 400 und 500 I.E. Dieser Wert steht in guter Übereinstimmung mit den von SHUE (1967) für maximalen Knochenaschegehalt angegebenen 480 I.E. Vitamin D_3/kg Futter. Er liegt außerdem in derselben Größenordnung wie die von BIELY und MARCH (1967) für das Mastküken genannten Bedarfswerte. Der unter unseren Bedingungen ermittelte Vitamin D_3-Bedarfswert (400-500 I.E./kg Futter) muß auf eine methioninergänzte Mais-Soja-Ration mit etwa 3000 kcal umsetzbarer Energie/kg bezogen werden. Bei Verwendung einer halbsynthetischen Ration, wie sie z.B. von GROPP und ZUCKER (1969) für Vitaminbedarfsermittlungen vorgeschlagen wurde, wird man auf Grund des höheren Energiegehalts dieser Ration fraglos den Vitamin D_3-Zusatz entsprechend erhöhen müssen. Ausgehend von einem Bedarfswert von ca. 500 I.E. Vitamin D_3/kg Futter erscheint in der Wachtelaufzucht eine Vitamin D_3-Ergänzung von 1000 I.E. Vitamin D_3/kg Alleinfutter, wie sie von ZUCKER et al. (1967) und VOGT (40) angegeben wird, als durchaus praxisgerecht.

1.000 000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter führten zu einer signifikanten Wachstumsdepression ($P < 0,05$) und einer geringfügig schlechteren Futterverwertung gegenüber den Gruppen mit 1000, 2000 und auch 100000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter. Trotzdem ist die 200fache Überschreitung des Vitamin D_3-Bedarfs auf 100000 I.E./kg zumindest schon als toxische Grenzdosis aufzufassen. Wenn darauf hindeutende Erscheinungen in den hier geschilderten Versuchen noch nicht beobachtet wurden, ist hierfür sicher die kurze Versuchszeit von nur 3 Wochen verantwortlich.

von der Vitamin D_3-Konzentation /kg Aufzuchtfutter.

(3-Wochen-Zunahmen aus den Versuchen I und II)

Gesamttierzahl : 877 Wachteln



So blieben in Untersuchungen von TAYLOR (1968) noch 500000 I.E. Vitamin D_3/kg Alleinfutter in den ersten 2 Versuchsgruppen ohne Einfluß auf die Gewichtsentwicklung von Küken. Nach 5 Wochen betrug die Gewichtsdepression gegenüber einer Gruppe, deren Futter 500000 I.E. Vitamin D_3 enthalten hatte, jedoch bereits 30%. Dennoch wird das Risiko einer Vitamin D_3-Toxizität nach Vitamin D_3-Stoßbehandlungen verhältnismäßig gering zu veranschlagen sein, wenn man die zumindest verglichen mit Vitamin A nur geringe Speicherungsfähigkeit des Vitamin D bei der Wachtel berücksichtigt. Selbst Wachtelhennen, die über 12 Tage mit 8000 I.E./kg Futter reichlich Vitamin D_3-versorgt wurden, waren nicht in der Lage, eine anschließende Vitamin D_3-Depletionsperiode ohne Vitamin D-Mangelerscheinungen (reduzierte Legeleistung, schalenlose Eier) länger als 30 Tage zu überbrücken. Die Karenzzeit zwischen Vitamin D_3-Entzug und Vitamin D_3-Mangelerscheinungen ist bei diesen Tieren gegenüber in der Vorperiode normal mit 1000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter versorgten Wachtelhennen nur unwesentlich verlangsamt, was auf eine schlechte Haftung des Vitamin D_3 im Stoffwechsel, also auf eine ungenügende Speicherkapazität für Vitamin D_3 bei der Wachtel hinweist.

Wachtelhennen

Depletionsperiode

In Versuch III konnte gezeigt werden, daß die Wachtelhenne in der Lage ist, in gewissem Umfange Vitamin D_3 im Körper zu speichern und es in einer Mangelperiode zu mobilisieren. So traten die ersten schalenlosen Eier in den 3 Gruppen, denen vorher Rationen mit 1000, 2000 und 4000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter angeboten worden waren, schon in der 2. Versuchswoche auf, während die Gruppe, deren Futter 8000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter enthalten hatte, bis in die 3. Versuchswoche Eier guter Schalenqualität aufweisen konnte. Auf eine ähnliche Tendenz wies die Mortalitätsrate in den einzelnen Ver-

suchsgruppen hin, die bei der Gruppe mit der höchsten Vitamin D_3-Konzentration im Futter mit 4% deutlich unter dem Mittelwert von 17% der 3 anderen Gruppen lag. Auch die Futterverzehrswerte, die mit fortschreitender Dauer der Mangelperiode erniedrigt wurden (von 21 auf 17 g/Tier/Tag), lassen bis zum Ende der 3. Versuchswoche noch eine höhere Futteraufnahme der Gruppe mit der höchsten Vitamin D_3-Vorversorgung erkennen. Am Ende der 4. Versuchswoche war sie allerdings auch auf das Niveau der 3 anderen Versuchsgruppen abgesunken. Verglichen mit dem Vitamin A beispielsweise muß trotz der beschriebenen Unterschiede zwischen den verschiedenen Gruppen für Vitamin D_3 auf eine nur geringe Speicherfähigkeit geschlossen werden. Im Gegensatz zu Seefischen gibt es bei anderen Tierarten (Rind, Schwein und Geflügel) zur Zeit kein sicheres Indiz für das Vorliegen eines nennenswerten Vitamin D_3-Depots. So bezeichnen GÜNTHER und TEKIN (1964) den Vitamin D_3-Gehalt der Leber von Milchkühen und Kälbern als "Minimal"-Depot. Dem Leberdepot wird ein in seiner Kapazität etwa gleiches Blutdepot (13) zur Seite gestellt. Berücksichtigt man, daß zur Vitamin A-Depletion erwachsener Hennen mehrere Monate benötigt werden, dann muß der Zeitraum, in dem in Versuch III eine doch sehr weitgehende Depletion von Wachtelhennen nachgewiesen werden konnte, als sehr kurz angesprochen werden. Auch nach Verfütterung einer die Normaldosierung im Wachtelhennenfutter um das 8-fache überschreitenden Vitamin D_3-Konzentration wird für Versuchszwecke eine ausreichende Depletion nach etwa 30 Tagen erreicht sein. Im allgemeinen wird es daher genügen, während einer Vitamin D_3-Depletionsperiode bis zum 21. Versuchstag den Verlauf der Legeleistung zu kontrollieren. Eine dann erfolgende Bestimmung der Eischalen-Calcium-Ausscheidung/Tier/Tag läßt den Zeitpunkt zuverlässig erkennen, an dem eine für reproduzierbare Ergebnisse ausreichende Depletion erreicht sein wird (ca. 20 mg Ca/Tier/Tag).

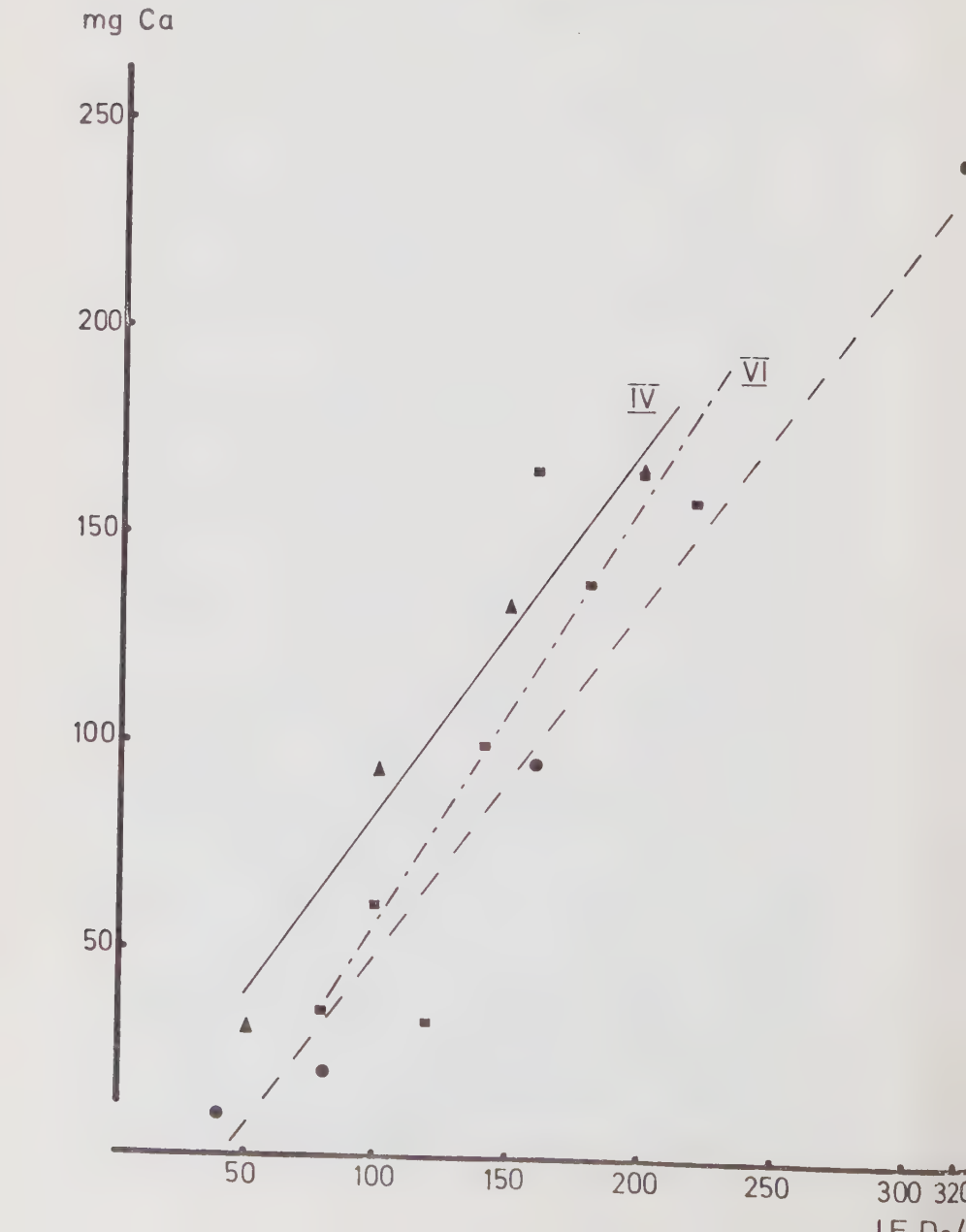
Vitamin D_3-Bedarf von Wachtelhennen

Die Versuche IV, V und in geringerem Maße auch Versuch VI zeigten eine deutliche meßbare Abhängigkeit der Legeleistung und des Anteils schalenloser Eier von der Vitamin D_3-Zufuhr über das Futter. Diese Beziehung übertrug sich naturgemäß auch auf das zusammenfassende Kriterium Eischalen-Calcium-Ausscheidung/Tier/Tag. Die Daten für Tierverluste, Körpergewichtsentwicklung und Futterverzehr ließen in allen 3 Versuchen keine echte Beziehung zum Vitamin D_3-Angebot im Futter erkennen. 320 I.E. Vitamin D_3/kg Legewachtelfutter waren allen anderen geprüften Konzentrationen hinsichtlich Aufrechterhaltung der Legeleistung und Schalenqualität überlegen. Da mit dieser Konzentration auch die Leistungen vor Versuchsbeginn (Vitamin D_3-Konzentration im Wachtelhennenfutter von 1000 I.E./kg) erreicht wurden, können schon 320 I.E. Vitamin D_3/kg Legewachtelfutter als voll bedarfsdeckend angesehen werden. Allerdings wurden Konzentrationen zwischen 220 und 320 I.E. Vitamin D_3/kg Futter nicht geprüft. Der Wert von 320 I.E. Vitamin D_3/kg Futter entspricht einer täglichen Vitamin D_3-Aufnahme von 6-8 I.E./Tier. Eine auf tägliche Vitamin D_3-Aufnahme bezogene Bedarfszahl für die Legewachtel liegt um etwa das 10-fache unter den entsprechenden Werten für das Haushuhn. Bezogen auf gleiches Körpergewicht ergibt sich damit für die Wachtel ein um etwa ein Drittel höherer Vitamin D_3-Bedarf als für die Legehenne. ZUCKER et al. (1967) schlossen aus ihren Berechnungen für die Wachtelhenne auf einen - bezogen auf gleiche Gewichtseinheit - etwa doppelt so intensiven Calcium-Stoffwechsel wie beim Huhn. Ein entsprechend höherer Vitamin D_3-Bedarf wird durch diese Angaben gestützt. Ein Vitamin D_3-Zusatz zum Wachtelhennenalleinfutter in Höhe von 1000 I.E./kg Futter kann demnach als durchaus praxisgerecht gelten. Mit dieser Vitamin D_3-Konzentration kann auch unter ungünstigen Umweltverhältnissen ein Vitamin D_3-Mangel mit Sicherheit vermieden werden.

Eischalencalzifizierung als Parameter der Vitamin D_3-Versorgung

Im Anschluß an eine Depletionszeit besteht bei suboptimalem Vitamin D_3-Angebot eine direkte lineare Beziehung zwischen der Eischalen-Calcium-Ausscheidung/Henne und Tag und der Vitamin D_3-Aufnahme - ausgedrückt durch Vitamin D_3-Konzentration im Futter -. Für die Korrelation zwischen täglicher Eischalen-Calcium-Ausscheidung, die aus dem Mittel der Ergebnisse zwischen dem 13. und dem 18. Versuchstag errechnet wurde und der korrespondierenden Vitamin D_3-Konzentration im Futter wurden getrennt nach den einzelnen Versuchen die Regressionsgeraden (28) berechnet und in Abb. 13 wiedergegeben. Die Regressionskoeffizienten der Geraden von Versuch IV und V liegen mit 0,88 bzw. 0,85 auf nahezu gleichem Niveau, die Regressionsgeraden verlaufen somit nahezu parallel. Nur die aus den Ergebnissen des Versuches VI abgeleitete Regressionsgerade mit einem Koeffizienten von 1,01 nimmt einen etwas steileren Verlauf. Die Parallelverschiebung der 3 Geraden könnte in Zusammenhang mit einem unterschiedlichen Depletionsstatus bei Versuchsbeginn diskutiert werden. In biologischen Testverfahren dürfen für Wiederholungsexperimente im Gegensatz zu chemischen Bestimmungsmethoden keine deckungsgleichen Standardkurven bzw. Regressionsgeraden (Eichkurven) erwartet werden. Aus diesem Grunde kann bei der Durchführung eines biologischen Bestimmungsverfahrens auch auf die Mitführung von mehreren Standardkonzentrationen/Versuch nicht verzichtet werden. Für Testverfahren sind die Unterschiede zwischen den 3 Regressionsgleichungen voraussichtlich vor nur geringer Bedeutung. Die für die einzelnen Versuche sehr enge Abhängigkeit der Eischalen-Calcium-Ausscheidung vom Vitamin D_3-Angebot läßt den Vorschlag (48) gerechtfertigt erscheinen, diese Beziehung zum Aufbau eines Vitamin D_3-Bestimmungsverfahrens zu nutzen. Erste Ergebnisse der Vitamin D_3-Bestimmung im biologischen Testverfahren an der japanischen Wachtel in verschiedenen Mischfutterproben wurden bereits von GROPP und ZUCKER (1971) vorgelegt.

Abb.: 13 Calciumausscheidung über die Eischalen/Wachtelhenne/Ta
in Abhängigkeit von der Vitamin D_3-Konzentration im Fut
Versuch IV ▲ y = - 4,2 + 0,88 x (8x3 Tiere/Versuchsgr
Versuch V ● y = - 35,6 + 0,85 x (4x3 Tiere/Versuchsgr
Versuch VI ■ y = - 43,8 + 1,01 x (4x3 Tiere/Versuchsgr



Z U S A M M E N F A S S U N G

In 2 Versuchen an insgesamt 877 Wachtelküken wurde versucht, die für optimales Wachstum von Wachtelküken beiderlei Geschlechts notwendige Vitamin D_3-Versorgung zu ermitteln. Methioninergänzte Mais-Soja-Rationen mit 0, 100, 200, 400, 500, 800, 1000 und 2000 sowie mit 10 000, 100 000 und 1 000 000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter wurden für 3 bzw. 4 Wochen ad libitum angeboten.

Bis zu einer Konzentration von 500 I.E. Vitamin D_3/kg Futter hatten steigende Vitamin D_3-Zusätze zur Basalration eine Erhöhung der 3-Wochen-Zunahme zur Folge. Darüberhinausgehende Vitamin D_3-Angebote konnten die Gewichtsentwicklung nicht weiter verbessern. Eine Vitamin D_3-Dosierung von etwa 500 I.E./kg Alleinfutter wird deshalb als bedarfsdeckend angesehen.

1 000 000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter führten zu einer gegenüber 100 000 I.E. Vitamin D_3/kg Futter signifikanten ($P < 0,05$) Depression der 3-Wochen-Zunahmen.

In einem Versuch an 96 Wachtelhennen sollte geprüft werden, ob und inwieweit 1000, 2000, 4000 und 8000 I.E. Vitamin D_3/kg Legewachtelfutter - über 12 Tage angeboten - Verlauf und Dauer einer nachfolgenden Depletionsperiode beeinflussen. Nach 30 Tagen Depletionsperiode kann eine für Versuchszwecke ausreichende Erschöpfung der Vitamin D_3-Vorräte, unabhängig von der Vitamin D_3-Vorversorgung, erwartet werden. Die Langzeit-Depotwirkung des Vitamin D_3 bei Wachtelhennen war überraschend kurz.

In 3 Versuchen zur Vitamin D_3-Bedarfsermittlung an insgesamt 204 Wachtelhennen wurden Rationen mit 40, 50, 80, 100, 120, 140, 150, 160, 180, 200, 220 und 320 I.E. Vitamin D_3/kg für 18-28 Tage angeboten. Legeleistung und Eischalenqualität dienten als Versuchskriterien. Die Eischalen-Calcium-Ausscheidung wurde bestimmt.

Mit 320 I.E. Vitamin D_3/kg Legewachtelalleinfutter wurden höchste Legeleistung und beste Eischalenqualität erzielt, die Legeleistung dieser Gruppe entsprach in der 4 Versuchswoche der Ausgangslegeleistung (85% vor Beginn der Depletionsperiode). Daher kann mit ca. 300 I.E. Vitamin D_3/kg Futter der Bedarf von Wachtelhennen als gedeckt gelten.

Zwischen Eischalen-Calcium-Ausscheidung/Henne und Tag (13.-18. Versuchstag) und der Vitamin D_3-Versorgung, ausgedrückt als I.E. Vitamin D_3/kg Futter, bestand eine lineare Beziehung. Es wird vorgeschlagen, diese Korrelation zum Aufbau eines biologischen Vitamin D_3-Bestimmungsverfahrens heranzuziehen.

S U M M A R Y

In 2 experiments with a total of 877 baby quails of both sexes the Vitamin D_3 requirement for optimal growth has been studied. Methionine supplemented Corn-Soy-diets with 0, 100, 200, 400, 500, 800, 1000, 2000, 10 000, 100 000 and 1 000 000 ICU Vitamin D_3/kg feed were offered ad libitum for 3 or 4 weeks.

Increasing Vitamin D_3 levels up to 500 ICU/kg feed resulted in higher gains/3 weeks. Higher Vitamin D_3 concentrations had no further influence on weight gain. From this data can be concluded that the Vitamin D_3 requirement for growing quails is about 500 ICU/kg feed.

Compared to 100 000 ICU Vitamin D_3/kg feed 1 000 000 ICU caused a significant weight gain depression.

In addition 96 laying quails were offered diets containing 1000, 2000, 4000 and 8000 ICU Vitamin D_3/kg feed for 12 days. Thereupon the animals were depleted.

The data of this experiment demonstrate, that independent of the preceding Vitamin D_3 supply the Vitamin D_3 stores are exhausted rather quickly. After about 30 days the quails have been sufficiently depleted to carry out requirement studies.

In 3 experiments with a total of 204 laying quails diets with 40, 50, 80, 100, 120, 140, 150, 160, 180, 200, 220 and 320 ICU Vitamin D_3/kg were fed for 18-28 days. Laying performance and egg shell quality were examined. The calcium excretion with the egg shell has also been determined.

Laying performance and egg shell quality were optimal on a diet with 320 ICU Vitamin D_3/kg. From this finding it is inferred that the Vitamin D_3 requirement of laying quails should be completely covered by 320 ICU/kg feed.

There exists a linear relation between Calcium excretion in the egg shell/hen and day (13. - 18. experimental day) and the Vitamin D_3 intake, expressed as ICU Vitamin D_3/kg feed. It is suggested, to use this correlation for the purpose of a Vitamin D_3 bioassay method.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. BIELY, J., B.E.MARCH; Calcium and Vitamin D in Broiler Rations, Poultry Sci. 46, 223 (1967)

2. CHANG, S.K., J.McGINNIS; Vitamin D Deficiency in Adult Quail and Chickens and Effects of Estrogen and Testosterone Treatments, Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 124, 1131 (1967)

3. CHEN, P.S.jr., H.B.BOSMAN; Effects of Vitamins D_2 and D_3 on Serum Calcium and Phosphorus in Rachitic Chicks, J.Nutr. 83, 133 (1964)

4. De LUCA, H.F.; Recent advances in the metabolism and function of Vitamin D, Federation Proceedings, 28, 1678 (1969)

5. De MAN, T.J.; Swine and Beef Cattle Nutrition Seminar, Kansas City (1967), zit. nach Pfizer, Informationen-Tierproduktion (1967)

6. EWING, W.R.; Poultry Nutrition, The Ray Ewing Company, Publisher Division of Hoffmann La Roche Inc., Pasadena, 5. Auflage (1963) S. 1396

7. FANGAUF, R., H.MACKROTT, H.VOGT; Geflügelfütterung, Heft 2, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart (1960) S. 95

8. FORBES, G.B.; The present knowledge of Vitamin D, Nutr.Rev. 25, 225 (1967)

9. GROPP, J.; Tierexperimentelle Untersuchungen über die Proteinqualität von Körnermais, Landw.Forschung 23/II (Sonderheft) 49 (1969)

10. GROPP, J., H.ZUCKER; Untersuchungen zur Wachtelaufzucht mit halbsynthetischen Rationen, Z.Versuchstierk. 11, 155 (1969)

11. GROPP, J., H.ZUCKER; Vitamin D_3-Bestimmung im biologischen Verfahren an der japanischen Wachtel, Archiv für Geflügelkunde (im Druck) (1971)

12. GÜNTHER, K., C.TEKIN; Zur Problematik eines physiologischen Vitamin D-Depots, 1. Mitteilung Z.Tierphysiol.Tierernährg.Futtermittelkde., 19, 130 (1964)

13. GÜNTHER, K., C.TEKIN, W.LENKEIT; Zur Problematik eines physiologischen Vitamin D-Depots, 3. Mitteilung Z.Tierphysiol.Tierernährg.Futtermittelkde., 21, 40 (1966)

14. HARTLES, R.L.; Biochemistry of Vitamin D, aus: Fat soluble Vitamins, International Encyclopaedia of Food an Nutrition, Vol. 9, R.A.Morton, Pergamon Press, Oxford, London, Edinburgh, New York, Toronto, Sidney, Paris, Braunschweig, 1. Auflage (1970) S. 279

15. HEUSER, G.F.; Feeding Poultry, John Wiley & Sons Inc., New York, 2. Auflage (1955) S. 362

16. HOWES, J.R.; Managing coturnix quail for research work Z.Versuchstierk. 8, 236 (1964)

17. HULDSCHINSKY, K.; Dtsch.med.Wschr. 45, 712 (1919) Zit. nach 43

17a. JELINEK, V.; Biologische Methoden, aus: Vitamine, Chemie und Biochemie, Band I, J.Fragner, VEB Gustav Fischer Verlag Jena, (1964) S. 678

18. KARG, H.; Untersuchungen über den Vitamin D-Gehalt der Milch unter besonderer Berücksichtigung seiner analytischen Feststellung, Vet.med.Diss., München (1953)

19. KIRCHGESSNER, M., H.FRIESECKE; Wirkstoffe in der praktischen Tierernährung, Bayr.Landwirtschafts-Verlag (1966) S. 95

20. KODICEK, E., E.M.DARMONDY, F.STRANACK; Clin.Sci., London, 20, 185 (1961) Zit. nach 13

21. KODICEK, E., D.E.M.LAWSON; Vitamin D aus: In The Vitamins, Vol. VI, György, P. und W.N.Pearson, Academic Press, New York & London (1967) S. 211

22. KRISHNA, G.; Calcium and Phosphorus Requirements of Laying Coturnix Quail, The Quail Quarterly, 4 (No.3), 60 (1967)

23. LEHNER, N.D.M., B.C.BULLOCK, Th.B.CLARKSON, H.B.LOFLAND; Biological activities of Vitamin D_2 and D_3 for growing squirrel monkeys, Laboratory Animal Care, 17, 483 (1967)

24. McCOLLUM, E.V.; J.biol.Chemistry, 45, 333 (1921) 47, 507 (1921), zit. nach 43

25. McLEAN, F.C., M.R.URIST; Bone, 3. Auflage The University of Chicago Press, Chicago & London, (1968) S. 130

26. MILLER, B.; Calcium and Phosphorus in the Diet of Coturnix Quail, Poultry Sci. 46, 686 (1967)

27. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Nutrient Requirement of Poultry, Academy of Science, Publication No. 1345, Washington (1966)

28. OTTO, E.; Biometrie, Deutscher Bauernverlag, Berlin (1958)

29. PEH, J.; Haltung und Fütterung der japanischen Wachtel und Untersuchungen zum Nährstoffbedarf, Vet.med.Diss., München (1969)

30. SCHEUNERT-TRAUTMANN; Lehrbuch der Veterinärphysiologie, Verlag Paul Parey, Hamburg - Berlin, 5. Auflage (1965) S. 123

31. SCHLEY, P.; Die Wachtelhaltung - ein aufstrebender Betriebszweig in der sowjetischen Geflügelzucht, Deutsche Geflügelwirtschaft 43, 1969 (1968)

32. SCOTT, M.L., HOLM, E.R., R.E.REYNOLDS; The Calcium, Phosphorus and Vitamin D requirement of young pheasants, Poultry Sci. 37, 1419 (1958)

33. SHUE, G.M.; Vitamin D_3 requirements of young japanese quail, The Quail Quarterly, 4 (No. 4), 76 (1967)

34. TAYLOR, R.G., K.M.L.MORRIS, J.KIRKLEY Effects of dietary excesses of vitamins A and D on some constituents of the blood of chicks, Br.J.Nutr. 22, 713 (1968)

35. TIEWS, J., H.ZUCKER; Organische Stoffe mit Sonderwirkungen als Futtermittel und Mischfutterkomponenten, aus: M.Becker und K.Nehring, Handbuch der Futtermittel, Bd.I, Zweiter Teil, Verlag Paul Parey, Hamburg - Berlin (1969) S. 455

36. TIEWS, J., H.ZUCKER, J.GROPP; Futterbedingte Schadensfälle in der Tierernährung, Tierärztl.Umschau, 24, 467 (1969)

37. TITUS, H.W.; The Scientific Feeding of Chickens, The Interstate, Danville, Illinois 2. revidierte Auflage (1955) S. 95

38. TURK, J.L., J.McGINNIS; Influence of Vitamin D on Various Aspects of the Reproductive Process in Mature Hens, Poultry Sci. 43, 539 (1964)

39. VOGT, H.; Die japanische Wachtel als Versuchstier, Deutsche Geflügelwirtschaft 16, 728 (1964)

40. VOGT, H.; Japanische Wachteln, Merkblatt aus der Bundesforschungsanstalt für Kleintierzucht, Celle

41. WAGNER, A.F., K.VOLKERS; Vitamins and Coenzymes, John Wiley & Sons, London 1. Auflage (1964) S. 359

42. WASSERMANN, R.H., A.N.TAYLOR; Science 152, 791 (1966) Zit. nach 8

43. WIESNER, E.; Ernährungsschäden der landwirtschaftlichen Nutztiere, VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 2. Auflage (1970) S. 402

44. WILSON, W.O., K.K.ABBOT, H.ABPLANALP; Evaluation of coturnix (Japanese Quail) as pilot animal for poultry, Poultry Sci. 40, 651 (1961)

45. WINDAUS, A.; Liebigs Ann.Chem. 483, 17 (1930),
489, 252 (1931), 492, 226 (1932)
Z.physiol.Chem. 241, 100 (1936)
Zit. nach 43

46. YOUNG, L.; Japanese Quail in the Space Programm,
The Quarterly Quail, 5 (No. 2), 15 (1968)

47. ZUCKER, H., J.GROPP, J.PEH, Ch.ZENTZ;
Erfahrungen mit der japanischen Wachtel
(cot.cot.jap.) als Labortier sowie einige
Ergebnisse von Nährstoffbedarfsuntersuchungen,
Tierärztliche Umschau 8, 416 (1967)

48. ZUCKER, H., J.GROPP; Vitamin D_3-Bestimmung über die
Eischalenbildung bei der japanischen Wachtel,
Naturwissenschaften 9, 447 (1968)

49. ZUCKER, H., H.ERBERSDOBLER, J.GROPP;
Untersuchungen über lysinreichen Mais,
1. Analytische Untersuchungen und Fütterungs-
versuche an Ratten und Wachteln,
Z.Tierphysiol.Tierernährg.Futtermittelkde., 23,
193 (1968)

Im Anschluß an die Arbeit möchte ich
Herrn Prof.DDr.DDr.h.c. J. Brüggemann
und Herrn Prof.Dr.Dr. J. Tiews
sehr herzlich für die Überlassung des
Themas danken.

Gleichzeitig danke ich
Herrn Prof. Dr. H. Zucker und
Herrn Dr. J. Gropp
für die Unterstützung und Förderung
meiner Arbeit.

L e b e n s l a u f

Am 19. Juli 1945 wurde ich, Jörg Hans Hofmann, als Sohn des Textilkaufmannes Hans Oswin Hofmann und seiner Ehefrau Gerda, geb. Missner, in Brünlos/Erzgebirge geboren. Nach vier Jahren Besuch der Volksschule in Brünlos, Augsburg und München-Pasing trat ich 1956 in das humanistische Karlsgymnasium in München-Pasing ein, wo ich 1965 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1965 begann ich das tierärztliche Studium an der Universität München, im Sommer 1970 schloß ich es hier mit dem Staatsexamen ab. Im Oktober 1970 wurde mir die Bestallung als Tierarzt erteilt. Seither bin ich als Assistent in der Großtierpraxis tätig.

Die Arbeiten zu vorliegender Dissertation wurden im Herbst 1967 an den Instituten für Tierphysiologie und Ernährungsphysiologie in der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München begonnen.